

**О. В. Костина**

**ПРОГРАММИРОВАНИЕ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ  
В СИСТЕМЕ ЧПУ «SINUMERIK»**

**Екатеринбург  
РГПУ  
2018**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»

**О. В. Костина**

## **ПРОГРАММИРОВАНИЕ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ В СИСТЕМЕ ЧПУ «SINUMERIK»**

Учебное пособие

© ФГАОУ ВО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет», 2018

ISBN 978-5-8050-0655-6

Екатеринбург  
РГППУ  
2018

УДК 621.9  
ББК К630  
К72

**Костина, Ольга Валентиновна.**

К72 Программирование фрезерной обработки в системе ЧПУ «Sinumerik» [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. В. Костина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2018. 78 с. Режим доступа: <http://elar.rsvpu.ru/978-5-8050-0655-6>.

ISBN 978-5-8050-0655-6

Рассмотрены вопросы программирования фрезерной обработки деталей на станках с ЧПУ с программным обеспечением «Sinumerik» на стойках «SIEMENS». Приведены алгоритмы создания постоянных циклов фрезерной и сверлильной обработки, примеры управляющих программ.

Пособие предназначено для студентов вузов и колледжей, обучающихся по направлению «Профессиональное обучение (по отраслям)», профилю «Машиностроение и материалобработка».

Рецензенты: кандидат педагогических наук, доцент Е. П. Вох (ФГБОУ ВО «Уральский институт государственной противопожарной службы МЧС России»); кандидат технических наук, доцент Н. Г. Новгородова (ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»)

Системные требования: Windows XP/2003; программа для чтения pdf-файлов Adobe Acrobat Reader

Учебное издание

Редактор Е. А. Ушакова; компьютерная верстка А. В. Кебель

Утверждено постановлением редакционно-издательского совета университета

Подписано к использованию 27.08.18. Текстовое (символьное) издание (4,1 Мб)

Издательство Российского государственного профессионально-педагогического университета.  
Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11

© ФГАОУ ВО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет», 2018

## Оглавление

Введение.....	5
Глава 1. Технологические основы фрезерования .....	6
1.1. Фрезерные станки с ЧПУ и их назначение.....	6
1.2. Основные узлы и базовые точки фрезерного станка.....	7
1.3. Расположение осей и базовых точек фрезерного станка .....	8
1.4. Фрезерная обработка деталей .....	10
1.4.1. Основные виды и схемы фрезерования .....	11
1.4.2. Основные виды и предназначение фрез .....	13
1.5. Выбор режимов резания при фрезеровании.....	18
Контрольные вопросы и задания .....	21
Глава 2. Программирование фрезерной обработки в системе ЧПУ «Sinumerik» .....	22
2.1. Циклы сверления.....	22
2.1.1. Сверление, центрование – CYCLE81 .....	23
2.1.2. Сверление, цилиндрическое зенкование – CYCLE82 .....	26
2.1.3. Глубокое сверление – CYCLE83 .....	28
2.1.4. Сверление нескольких отверстий – MCALL.....	30
2.1.4.1. Цикл HOLES1 .....	31
2.1.4.2. Цикл HOLES2 .....	33
2.1.4.3. Цикл Positions .....	34
2.1.5. Нарезание внутренней резьбы без компенсирующего па- трона – CYCLE84 .....	35
2.1.6. Нарезание внутренней резьбы с компенсирующим патро- ном – CYCLE840 .....	37
2.1.7. Развертывание – CYCLE85 .....	39
2.1.8. Растачивание – CYCLE88.....	41
2.1.9. Растачивание 2 – CYCLE86.....	42
2.2. Циклы фрезерования.....	44
2.2.1. Цикл плоского фрезерования – CYCLE71.....	45
2.2.2. Цикл контурного фрезерования – CYCLE72.....	47
2.2.3. Цикл фрезерования продольных отверстий на окружно- сти – LONGHOLE.....	49
2.2.4. Цикл фрезерования пазов на окружности – SLOT1 .....	51

2.2.5. Цикл фрезерования круговых пазов – SLOT2.....	53
2.2.6. Цикл фрезерования прямоугольного кармана – POCKET3 .....	56
2.2.7. Цикл фрезерования кругового кармана – POCKET4.....	59
2.2.8. Цикл фрезерования прямоугольного выступа – CYCLE76 .....	61
2.2.9. Цикл фрезерования кругового выступа – CYCLE77 .....	63
2.2.10. Цикл резьбофрезерования – CYCLE90 .....	65
2.2.11. Цикл фрезерования карманов с островками и без остров- ков – CYCLE73 .....	67
2.2.11.1. Цикл фрезерования кармана в сплошном металле .....	68
2.2.11.2. Цикл фрезерования кармана при обработке остаточ- ного материала.....	70
2.2.11.3. Цикл контура края кармана – CYCLE74.....	72
2.2.11.4. Цикл контура островка – CYCLE75 .....	73
Контрольные вопросы и задания.....	76
Заключение .....	77
Библиографический список.....	78

## **Введение**

Модернизация машиностроительных предприятий и замена устаревшего металлообрабатывающего оборудования на более современное – одно из ключевых направлений развития машиностроения в России. Внедрение станков с числовым программным управлением (ЧПУ) позволяет повышать производительность труда, точность изготовления деталей, обрабатывать детали сложной конфигурации.

Эксплуатация современных высокотехнологичных обрабатывающих центров требует глубокой и разносторонней подготовки оператора станков с программным управлением, работающего на этом оборудовании. При помощи компьютерных технологий он должен разрабатывать управляющие программы для обработки поверхностей различных конфигураций.

Учебное пособие ориентировано на формирование теоретических и практических знаний и умений студентов по программированию фрезерной обработки в системе ЧПУ «Sinumerik».

Первая глава «Технологические основы фрезерования» посвящена современному высокотехнологическому оборудованию – фрезерным станкам с ЧПУ. В ней рассмотрены классификация фрезерных станков, основные узлы, базовые точки станков, расположение осей, а также критерии выбора режущего инструмента в зависимости от типа обрабатываемых поверхностей и расчет режимов резания.

Во второй главе «Программирование фрезерной обработки в системе ЧПУ “Sinumerik”» подробно рассмотрены циклы сверления и фрезерования.

В пособии приведен алгоритм создания постоянных циклов фрезерной обработки. Оно направлено на подготовку студентов, обучающихся по направлению «Профессиональное обучение (по отраслям), профилю «Машиностроение и материалобработка», по рабочей профессии «оператор станков с программным управлением».

# Глава 1.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

### 1.1. Фрезерные станки с ЧПУ и их назначение

Фрезерные станки с ЧПУ – современное высокотехнологичное оборудование с автоматической системой управления. На них обрабатывают детали из чугуна, стали, а также из сплавов легких металлов. Выполняется обработка корпусных деталей с полным комплексом операций в трех координатах (X, Y, Z) на станке в базовом исполнении и по четырем-пяти координатам – на станке в опциональной версии. Процесс фрезерования осуществляется на высокой скорости. Станки оснащены системой ЧПУ, экраном, что гарантирует высокоточное исполнение команд. Сервоприводы, оснащенные цифровым управлением, обеспечивают точное и быстрое перемещение по осям. Станки с ЧПУ применяются в условиях штучного и серийного производства.

*Разновидности фрезерных станков с ЧПУ (рис. 1):*

- универсальный фрезерный станок с ЧПУ (особенность – перемещение стола по горизонтальной плоскости под произвольными углами);
- горизонтально-фрезерный станок (особенность – перемещение стола только под углом  $90^\circ$  к оси шпинделя);
- широкоуниверсальный станок для фрезерных работ (отличительная особенность – поворот стола под любым углом);
- вертикальный консольный агрегат (особенность – вертикальный шпиндель, который разрешает смещение по своей оси и поворот);
- вертикальный и горизонтальный бесконсольный станок с ЧПУ (особенность – отсутствие консоли, что обеспечивает жесткость и точность обработки деталей);
- продольный станок (особенность – возможность обработки при движущихся фрезерных головках и движущемся столе).



Рис. 1. Разновидности фрезерных станков с ЧПУ

Большое разнообразие фрезерных работ определяет, какой тип фрезерных станков необходим для обработки деталей с требуемым качеством поверхности и необходимой точностью размеров.

## 1.2. Основные узлы и базовые точки фрезерного станка

В зависимости от направления движения рабочего органа различают *горизонтальные* и *вертикальные* фрезерные станки. Основные узлы и механизмы в оборудовании обоих типов одинаковы, кроме поддержки и хобота, которых нет в вертикальных модификациях. На рис. 2 показаны основные узлы вертикально-фрезерного станка.



Рис. 2. Основные узлы вертикально-фрезерного станка

*Основание* – несущая неподвижная конструкция (основа) станка, предназначенная для крепления, а также перемещения по ней других узлов. Изготавливается цельнолитой из серого чугуна. При установке одна сторона основания плотно прилегает к полу, а к другой болтами фиксируется станина. В основании также имеются специальное корыто, в которое собирается охлаждающая жидкость, и электронасос для подачи теплоносителя к инструменту.



*Направляющие* обеспечивают линейное перемещение по осям станка (главное движение и движение подачи). В процессе обработки по направляющим под управлением заданной программы передвигаются и прочно закрепляются функциональные узлы станка, обеспечивая выполнение необходимых рабочих операций. В зависимости от способа перемещения подвижного узла используются направляющие скольжения, качения и комбинированные, которые обеспечивают как катящееся, так и скользящее перемещение.

*Шарико-винтовая пара (ШВП)* предназначена для преобразования вращательного движения приводов станка в возвратно-поступательное движение исполнительных узлов с использованием механизма циркулирующего шарика между винтом и гайкой. Конструктивно ШВП состоит из корпуса и ходового винта.

*Рабочий стол* – основной рабочий элемент фрезерного станка, который перемещается на салазках. На поверхности стола располагаются зажимные и другие фиксирующие приспособления для прочного крепления заготовок. Для этого стол имеет продольные пазы. Совместная работа стола, консоли и салазок обеспечивает подачу заготовки к фрезе. Возможно движение стола в продольном, вертикальном и поперечном направлениях.

*Шпиндель* – один из основных механизмов станка, назначение которого заключается в передаче крутящего момента от коробки скоростей режущему инструменту.

На колонне с передней стороны находится шпиндельная бабка. Для устойчивости конструкции с задней стороны колонны располагается противовес, который уравнивает шпиндельный узел [5].

### **1.3. Расположение осей и базовых точек фрезерного станка**

На станках с ЧПУ различают 4 базовые точки, которые обозначаются М, R, W и N (рис. 3).

*М* – нуль станка, точка начала системы координат (неизменная базовая точка, устанавливаемая производителем станка и не подлежащая изменениям). Относительно данной точки выполняются все размерные функции станка.

*R* – базовая точка, позиция в рабочей зоне станка, которая точно определяется предельными выключателями. Позиции подвижных органов станка отображаются в системе управления путем подвода к данной точке. Она определяется производителем станка и не подлежит изменению.

$W$  – нуль детали. Эта точка свободно устанавливается программистом и при необходимости может быть перемещена в пределах программы обработки.

$N$  – базовая точка установки инструмента для выполнения его размерной привязки. Она находится в системе резцедержателя и определяется производителем станка [1, 2].

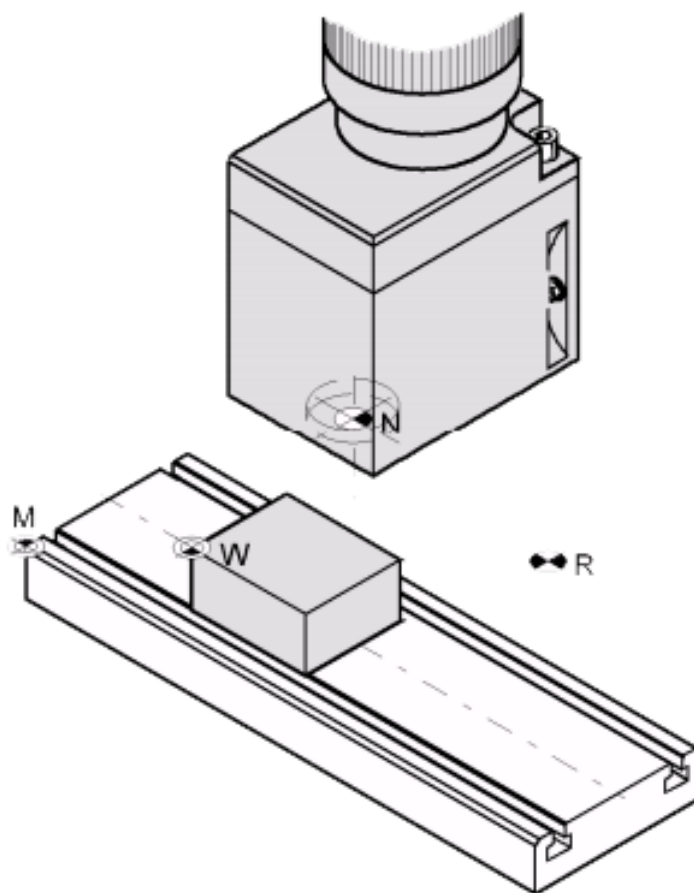


Рис. 3. Базовые точки фрезерного станка

Оси координат станков обычно располагают параллельно направляющим, что позволяет при программировании обработки указывать направления и величины перемещения рабочих органов. В качестве единой системы координат для всех станков с ЧПУ принята стандартная прямоугольная (правая) система координат, при которой оси  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  указывают положительные перемещения инструментов относительно подвижных частей станков. Положительные направления движения заготовки относительно неподвижных частей станка указывают оси  $X'$ ,  $Y'$ ,  $Z'$ , направленные противоположно осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Таким образом, положительными всегда являются такие движения, при которых инструмент и заготовка удаляются друг от друга.

У станков различных типов и моделей системы координат размещают по-разному в зависимости от расположения шпинделя (рис. 4).

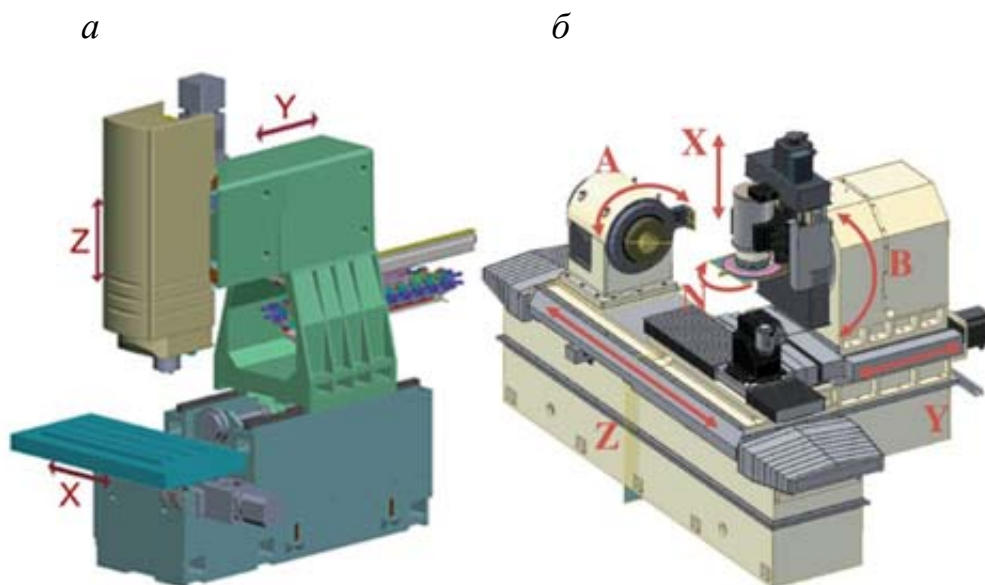


Рис. 4. Расположение осей у фрезерных станков с ЧПУ:

*a* – вертикального; *б* – горизонтального

Для всех станков с ЧПУ применяют единую систему обозначений координат, рекомендованную стандартом ISO 841:1974. При этом обозначение осей координат и направление движений в станках устанавливаются так, чтобы программирование операций обработки не зависело от того, что перемещается – инструмент или заготовка. За основу всегда принимается перемещение инструмента относительно системы координат неподвижной заготовки.

## 1.4. Фрезерная обработка деталей

*Фрезерование* – процесс механической обработки с вращательным главным движением резания при постоянном радиусе траектории многолезвийного инструмента (фрезы) и хотя бы одним движением подачи, направленным перпендикулярно оси главного движения резания.

Стандартная схема фрезерования осуществляется при перемещении стола с закрепленной на нем заготовкой. Традиционное фрезерование применяют при обработке горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей, пазов и канавок различного профиля, изготовлении зубчатых колес.

В современных фрезерных станках с ЧПУ используют сочетание движений (поступательных и угловых) как заготовки, так и фрезы. Применение такой комбинации движений позволяет осуществлять фрезерование объемного рельефа, которое получило название *3D-фрезерования*.

Разнообразие фрез (рис. 5) дает возможность осуществлять выборку материала на самых сложных участках, в результате чего заготовке придается требуемая форма и она превращается в конкретную деталь.



Рис. 5. Разновидности фрез

Процесс фрезерования заключается в прерывистости резания каждым зубом фрезы. Зуб вступает в контакт с заготовкой и выполняет работу только на некоторой части своего оборота, затем, продолжая движение, не касается заготовки до следующего врезания. В этот момент он охлаждается, что удлиняет срок службы фрезы. Каждый зуб имеет такие же элементы и углы, что и токарный резец, поэтому фрезу можно рассматривать как набор токарных резцов. Режущие зубья могут располагаться как на цилиндрической, так и на торцевой поверхности [1, 4].

#### 1.4.1. Основные виды и схемы фрезерования

При *цилиндрическом фрезеровании* ось фрезы параллельна обрабатываемой поверхности. Работают зубья, расположенные на цилиндрической поверхности фрезы (рис. 6).



Рис. 6. Цилиндрическая фреза

При *торцевом фрезеровании* ось фрезы перпендикулярна обрабатываемой поверхности. В работе участвуют зубья, расположенные как на торцевой, так и на цилиндрической поверхности фрезы (рис. 7).



Рис. 7. Торцевая фреза

Торцевое и цилиндрическое фрезерование можно выполнять двумя способами: встречным фрезерованием (направление подачи противоположно направлению вращения фрезы) и попутным фрезерованием (направление подачи совпадает с направлением вращения фрезы).

При попутном фрезеровании зуб начинает резание со слоя наибольшей толщины  $a_{z\max}$ , поэтому в момент его входа в обрабатываемую заготовку происходит удар (рис. 8, а).

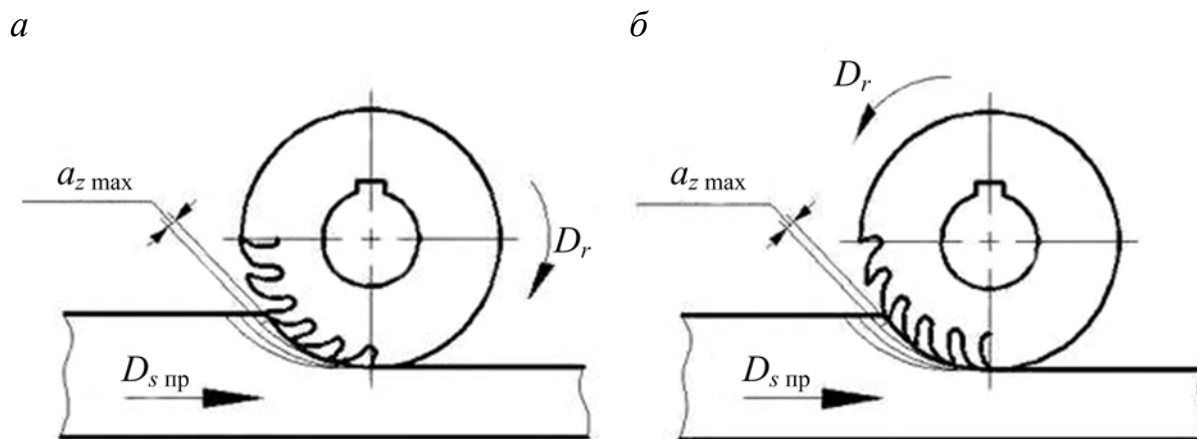


Рис. 8. Способы фрезерования

При *встречном фрезеровании* процесс резания проходит спокойнее, так как толщина срезаемого слоя возрастает плавно и, следовательно, нагрузка на станок растет постепенно (рис. 8, б).

В первом случае заготовка прижимается к столу, а стол – к направляющим, благодаря чему повышаются жесткость инструмента и качество обработанной поверхности. Во втором случае фреза стремится оторвать заготовку от поверхности стола.

### 1.4.2. Основные виды и предназначение фрез

*Фреза* – многолезвийный режущий инструмент, выполненный в виде тела вращения, на образующей которого и (или) на торце расположены зубья. Работа фрезы осуществляется при помощи поступательно-вращательных движений. Непосредственно сама фреза является исходной частью тела вращения, которое соприкасается с поверхностью заготовки в процессе обработки. Главное движение при фрезеровании – вращение фрезы. Для этого инструмента характерно наличие большого количества разновидностей рабочей поверхности. Самыми распространенными считаются торцевые, отрезные, шпоночные, дисковые, пазовые, концевые и угловые фрезы. Они предназначены для обработки плоскостей, пазов, прорезей, уступов, фасонных и винтовых поверхностей, нарезания резьб и т. д.

Точность обработки – 7–9-й квалитеты.

Шероховатость обработанной поверхности –  $R_a = 1,25$  мкм.

#### ***Основные критерии выбора фрезы***

Чтобы выбрать наиболее подходящий тип инструмента, необходимо придерживаться следующих критериев:

- разнообразие и объем выполняемых работ;
- качество требуемой отделки (первичная или вторичная обработка);
- качество обрабатываемого металла (мягкость, толщина);
- геометрическая форма поверхности (отверстия, пазы, плоская плита);
- заданная точность размеров.

При выборе фрезы, чтобы избежать быстрой поломки, некачественной заточки и неточности параметров инструмента, необходимо обратить внимание на следующее:

- *принцип работы механизма*. Немаловажно при выборе режущего инструмента учесть качество самого станка. К нему подбираются подходящие насадки;

- *соответствие внутреннего крепления*. Помимо качества рабочей внешней поверхности важно соответствие внутреннего отверстия и наличие шпона для плотного прилегания детали к основанию вращательного механизма;

- *диаметр и структура фрезы*. Размер фрезы влияет на стоимость инструмента и удобство работы с ним. По типу структуры фрезы разделяют на монолитные и сборные;

- *качество заточки.* Чем лучше заточен инструмент, тем выше качество оформленного среза и меньше времени тратится на его выполнение;

- *материал режущей детали.* Важное значение имеет качество используемого материала инструмента независимо от типа конструкции выбранной фрезы. Благодаря высокому показателю температуры каления особой популярностью пользуются твердосплавные фрезы.

Помимо главных критериев подбора инструмента необходимо учесть и некоторые нюансы, которые могут возникнуть в процессе обработки:

- вибрирование;
- сильное нагревание (вплоть до температуры каления) как самого инструмента, так и обрабатываемых деталей;
- заклинивание стружки;
- усадку материала;
- появление наростов при формировании деталей из пластичного, мягкого металла.

### ***Классификация фрез***

По *технологическому признаку* различают фрезы:

1) для обработки:

- плоскостей;
- пазов и шлиц;
- фасонных поверхностей;
- зубчатых колес и резьб;
- тел вращения;

2) для разрезания материала.

По *конструктивному признаку* выделяют следующие типы фрез:

1) по направлению зуба: с прямыми, наклонными, винтовыми и разнонаправленными зубьями;

2) по конструкции зуба: с остроконечными, затылованными зубьями;

3) по внутреннему устройству: цельные, со вставными зубьями, со сборными (разборными) головками;

4) по способу крепления: с отверстием (насадные), концевые (хвостовые) с цилиндрическим или коническим хвостовиком.

### ***Виды фрез***

*Дисковые (пазовые, прорезные, отрезные) фрезы* (рис. 9) применяются для обрезки заготовок, прорезания пазов, выборки металла, снятия фасок и т. д.



Режущие элементы дисковых фрез могут располагаться как с одной, так и с двух сторон. В зависимости от вида обработки (от предварительной до финишной) меняются размеры фрезы и ее зубьев. Твердосплавные дисковые фрезы работают в самых сложных условиях при высокой вибрации и невозможности эффективно выводить стружку из области резания.



Рис. 9. Дисковая фреза

*Торцевые фрезы* (рис. 10) применяются для обработки плоских поверхностей на вертикально-фрезерных станках.



Рис. 10. Торцевая фреза

Торцевая часть фрезы является рабочей, ось вращения перпендикулярна обрабатываемой плоскости детали. Вершины режущих кромок зубьев являются профилирующими и формируют обработанную поверхность. Торцевые режущие кромки являются вспомогательными.

Главную работу резания выполняют боковые режущие кромки, расположенные на наружной поверхности. Большое количество зубьев на участке соприкосновения с деталью из металла позволяет добиться высокой скорости обработки и плавности работы инструмента.



*Цилиндрические фрезы* (рис. 11) применяются для обработки плоских поверхностей на горизонтально-фрезерных станках.



Рис. 11. Цилиндрическая фреза

Цилиндрические фрезы могут быть как с прямыми, так и с винтовыми зубьями. Первые используют для обработки узких плоскостей, а вторые работают более плавно и потому получили универсальное применение. Осевые усилия, возникающие при определенных режимах работы фрез с винтовыми зубьями, достигают значительной величины. В этих случаях применяют сдвоенные инструменты, зубья которых расположены с разным направлением наклона. Благодаря этому решению возникающие в процессе резания осевые усилия уравниваются.

К этому виду фрез также относятся рашпильные фрезы типа «кукуруза» (рис. 12), с помощью которых обрабатывают уступы и прорезают канавки.



Рис. 12. Фреза типа «кукуруза»

*Концевые фрезы* (рис. 13) применяют для обработки открытых пазов, уступов с перпендикулярными поверхностями, контурных поверхностей, замкнутых профильных углублений и отверстий в плоских заготовках.



Рис. 13. Концевая фреза

Концевые фрезы выполняются торцово-цилиндрическими и имеют режущие участки как на торце, так и на цилиндре. Главные режущие кромки (они расположены на цилиндре) удаляют припуск, а вспомогательные (расположены на торце фрезы) зачищают обработанную поверхность. Ось вращения у концевых фрез расположена перпендикулярно к обрабатываемой поверхности.

Разновидностью концевых фрез являются шпоночные фрезы и фрезы для обработки Т-образных пазов (рис. 14).



Рис. 14. Т-образная фреза

Концевые фрезы делятся по следующим признакам:

- монолитные или с припаянными режущими элементами;
- с коническим или цилиндрическим хвостовиком;
- для конечной обработки металла (мелкие зубцы) или для грубой (крупные зубцы).

Червячные фрезы (рис. 15) применяют для нарезания зубчатых прямозубых, косозубых и шевронных цилиндрических колес, зубьев червячных колес с различными видами зацепления.



Рис. 15. Червячная фреза

Обработка выполняется методом обката за счет точечного касания заготовки инструментом. Червячные фрезы подразделяются по следующим параметрам:

- цельные, составные или сборные;
- черновые, получистовые, чистовые;
- правые или левые (направление витков);
- много- или однозаходные;
- с нешлифованными или со шлифованными зубьями [1, 5].

### 1.5. Выбор режимов резания при фрезеровании

При фрезеровании режущие кромки фрезы вступают в прямой контакт с материалом обрабатываемой детали лишь периодически. Следовательно, возникают ударные нагрузки, вибрация и повышается износ фрезы. Выбор режимов резания будет наиболее эффективным при оптимальном сочетании глубины резания, подачи и скорости резания без ухудшения точности и качества обработки.

*Глубина резания* – слой металла, который снимает фреза за 1 проход.

*Подача* – перемещение обрабатываемой детали вдоль оси фрезы за единицу времени.

### ***Определение подачи на оборот***

Величина подачи на оборот указывается в справочнике изготовителя инструмента.

Например, подача на оборот  $f_z = 0,1-0,2$  мм. Выбираем среднее значение  $f_z = 0,15$  мм.

### ***Определение скорости подачи***

На основании величины шага подачи на оборот, количества шагов и числа оборотов рассчитывается скорость резания:

$$V_f = f_z \cdot z \cdot n.$$

Рассчитаем число оборотов для фрезы Ø 40 мм,  $z = 4$  (рис. 16):

$$V_f = 0,15 \cdot 4 \cdot 200 \approx 120 \text{ мм/мин.}$$



Рис. 16. Торцевая фреза

Для станков с ЧПУ скорость подачи задается F-функцией (от англ. *feed*). Для нашего расчета в управляющей программе будет стоять команда F120.

### ***Определение скорости резания***

Оптимальная скорость резания определяется с помощью каталогов изготовителя или справочника.

Например,  $V_c = 80-150$  м/мин. Выбираем среднее значение  $V_c = 115$  м/мин.

### ***Расчет числа оборотов***

Число оборотов  $n$  рассчитывается на основании диаметра инструмента и величины скорости резания:

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{d \cdot \pi}.$$

В качестве примера рассчитаем число оборотов для фрезы Ø 70 мм:

$$n = \frac{115 \cdot 1000}{70 \cdot \pi} \approx 523 \text{ об./мин.}$$

Для станков с ЧПУ число оборотов задается буквой «S» (от англ. *speed*). Для нашего расчета в управляющей программе будет стоять команда S523.

Программирование желаемого числа оборотов выполняется только при сверлении (рис. 17): задается постоянное число оборотов  $n$  (G97 – постоянное число оборотов).

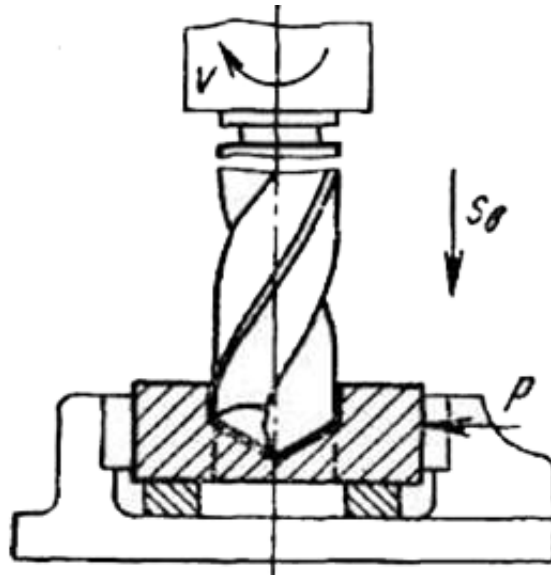


Рис. 17. Схема сверления

Число оборотов зависит от скорости резания и диаметра инструмента:

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{d \cdot \pi};$$

$d = 20$  мм (диаметр инструмента);

$$n = \frac{80 \cdot 1000}{20 \cdot \pi} \approx 1274 \text{ об./мин.}$$

Для нашего расчета в управляющей программе будет стоять команда G97 S1274.

Оптимальное число оборотов режущего инструмента зависит от его исполнения и материала детали. Лучше всего рассчитывать число оборотов на основании таблиц скоростей резания [6].

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Перечислите существующие виды фрез.
2. Какие поверхности обрабатывают фрезерованием?
3. Назовите способы фрезерования. Достоинства и недостатки этих способов.
4. Перечислите основные узлы фрезерного станка с ЧПУ. Каково назначение каждого из них?
5. Перечислите базовые точки фрезерного станка и обозначьте их взаимосвязь.
6. Что такое фрезерование?
7. Дайте определение режимов резания при фрезеровании.
8. Какой командой в управляющей программе будет задано число оборотов шпинделя?
9. Перечислите основные критерии выбора фрез.
10. Какая единая система координат принята для всех станков с ЧПУ? Как определяются положительные направления заготовки относительно неподвижных частей станка?

## Глава 2.

# ПРОГРАММИРОВАНИЕ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ В СИСТЕМЕ ЧПУ «Sinumerik»

Циклы, описанные в данной главе, соответствуют постоянным циклам фрезерной и сверлильной обработки для системы «Sinumerik» 810D/840D.

Циклы обработки предназначены для облегченного (ускоренного) программирования. Для генерации управляющей программы необходимо ввести только чертежные размеры в диалоговом режиме, не задумываясь о написании самого G-кода.

Фрезерные циклы программируются независимо от конкретной оси. Перед вызовом фрезерных циклов необходимо активизировать коррекцию инструмента.

Значения подачи, скорости и направление вращения шпинделя должны быть запрограммированы в программе обработки деталей, если эти параметры не были введены во фрезерный цикл.

Координаты центра для фрезерной схемы или обрабатываемого кармана программируются в правой системе координат.

Фрезерные циклы предполагается программировать через выбор плоскости G17 (XY). Ось подачи на глубину – всегда третья ось этой системы координат [6, 7].

## 2.1. Циклы сверления

*Циклы сверления* – это установленные процессы сверления, расточки, нарезания внутренней резьбы и т. д. (табл. 1) с установленными названиями и списком параметров.

Таблица 1

Циклы сверления

Цикл сверления	Обозначение	Особенности параметрирования
1	2	3
Сверление, центрование	CYCLE81	Сверление с запрограммированным числом оборотов шпинделя и скоростью подачи до установленной конечной глубины сверления

1	2	3
Сверление, цилиндрическое зенкование	CYCLE82	Сверление с запрограммированным числом оборотов шпинделя и скоростью подачи до установленной конечной глубины сверления с активной продолжительностью обработки на глубине
Глубокое сверление	CYCLE83	Сверление с запрограммированным числом оборотов шпинделя и скоростью подачи до установленной конечной глубины сверления с многократной пошаговой подачей на глубину
Нарезание внутренней резьбы без компенсирующего патрона	CYCLE84	Нарезание резьбы с запрограммированным числом оборотов шпинделя и скоростью подачи до введенной высоты профиля резьбы
Нарезание внутренней резьбы с компенсирующим патроном	CYCLE840	Нарезание внутренней резьбы до окончательной глубины с запрограммированной скоростью шпинделя
Развертывание 1	CYCLE85	Различные подачи для сверления и отвода
Растачивание	CYCLE86	Ориентированный останов шпинделя, предварительный ввод траектории отвода, отвод с быстрым ходом, предварительный ввод направления вращения шпинделя
Сверление с останком 2	CYCLE88	Как CYCLE83 с дополнительной обработкой на глубине сверления

Циклы сверления могут быть модально действующими, т. е. выполняться в конце каждого кадра, который содержит команды движения.

### 2.1.1. Сверление, центрование – CYCLE81

#### *Назначение*

С помощью цикла CYCLE81 можно сверлить с запрограммированным числом оборотов шпинделя и скоростью подачи до установленной конечной глубины сверления. Цикл работает без назначения коррекции на радиус инструмента. Осью сверления всегда является ось Z.

#### *Программирование*

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE81 (RTR, RFP, SDIS, DP).



### **Создание цикла CYCLE81**

Для создания цикла CYCLE81 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Pocket w.islands* (V4);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Pre drilling* (V5).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE81 (рис. 18).

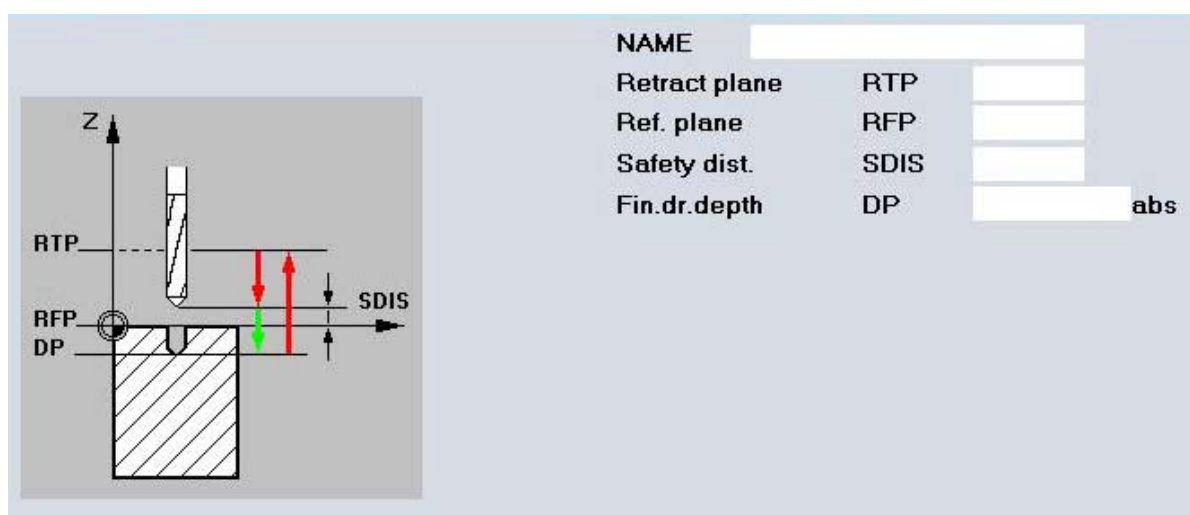


Рис. 18. Параметры цикла CYCLE81

### **Описание параметров CYCLE81**

*NAME* – название цикла.

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала сверления по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче. Направление, в котором действует безопасное расстояние, автоматически определяется циклом.

*DP* – глубина сверления относительно базовой плоскости RFP.

### **Пример программы**

T1 D1

M6

G54

S1000 F100 M3 M8

G0 X25 Y25 Z2

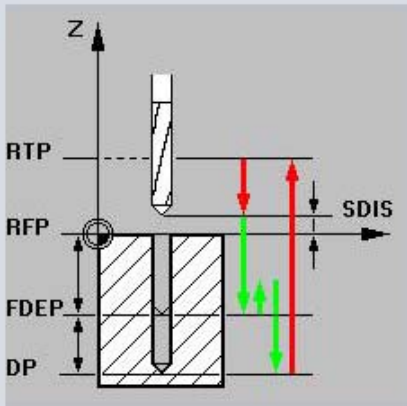
## CYCLE81 (5,0,2,-10,0)

G0 Z50 M9

M30

При сверлении нескольких отверстий в открытом окне CYCLE81 необходимо нажать в вертикальном ряду кнопку *Deep hole drilling* (V4).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла MCALL CYCLE83 (рис. 19).



NAME	
Retract plane	RTP
Ref. plane	RFP
Safety dist.	SDIS
Fin.dr.depth	DP
Drill depth_1	FDEP
Degression	DAM
Dwell time	DTB
Dwell time	DTS
Feedr. factor	FRF
Operation	Chipbreaking

Рис. 19. Параметры цикла MCALL CYCLE83

### Описание параметров цикла MCALL CYCLE83

*NAME* – название цикла.

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала сверления по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче. Направление, в котором действует безопасное расстояние, автоматически определяется циклом.

*DP* – глубина сверления относительно базовой плоскости RFP.

*FDEP* – глубина сверления до первого вывода сверла для удаления стружки.

*DAM* – величина дегрессии. Глубина, на которую будет выполняться сверление после первого вывода сверла из отверстия.

*DTB* – время выдержки. Инструмент отводится только после времени выдержки (остановки) с целью облома стружки в секундах.

*DTS* – время выдержки. Инструмент отводится через определенное расстояние с целью облома стружки.

*FRF* – коэффициент подачи при сверлении. С помощью данного фактора может быть снижена подача для первого врезания. Возможный ввод: 0,001–1.

*Operation* – выбор технологии сверления: со стружколоманием или с удалением стружки. При сверлении со стружколоманием после достижения глубины сверления сверло отводится на 1 мм для облома стружки. При сверлении с удалением стружки сверло отводится по мере необходимости на базовую плоскость для удаления стружки из отверстия.

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

S2000 F100 M3 M8

G0 X25 Y25 Z2

**MCALL CYCLE83 (otv,5,0,2,-20,0,-10,0,3,0,0,1,0,1,1,0,2,0)**

**MCALL**

G0 Z40 M9

M30

## **2.1.2. Сверление, цилиндрическое зенкование – CYCLE82**

### ***Назначение***

С помощью цикла CYCLE82 можно сверлить с запрограммированным числом оборотов шпинделя и скоростью подачи до установленной конечной глубины сверления. Если конечная глубина достигнута, то продолжительность обработки может стать активной. Цикл работает без назначения коррекции на радиус инструмента. Осью сверления всегда является ось Z.

### ***Программирование***

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE82 (RTR, RFP, SDIS, DP, DTB).

### ***Создание цикла CYCLE82***

Для создания цикла CYCLE82 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Drilling* (H3);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Drilling centering* (V2).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE82 (рис. 20).

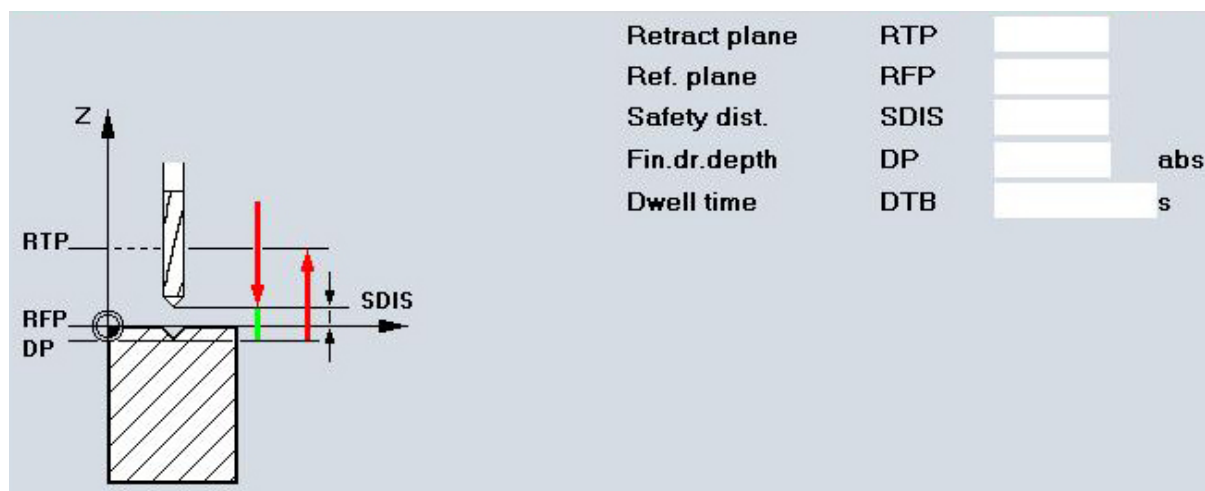


Рис. 20. Параметры цикла CYCLE82

### **Описание параметров цикла CYCLE82**

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала сверления по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче. Направление, в котором действует безопасное расстояние, автоматически определяется циклом.

*DP* – глубина сверления относительно базовой плоскости *RFP*.

*DTB* – время выдержки. Инструмент отводится только после времени выдержки (остановки) с целью облома стружки. Время выдержки задается в секундах.

### **Пример программы**

```
T1 D1
M6
G54
S1000 F100 M3 M8
G0 X25 Y25 Z2
CYCLE82 (5,0,2,-10,5)
G0 Z50 M9
M30
```

### 2.1.3. Глубокое сверление – CYCLE83

#### Назначение

С помощью цикла CYCLE83 можно сверлить с запрограммированным числом оборотов шпинделя и скоростью подачи до установленной конечной глубины сверления. Глубокое сверление до конечной глубины осуществляется через многократную пошаговую подачу на глубину, максимальное значение которой можно задать предварительно. После каждой подачи на заданную глубину сверло может быть возвращено для удаления стружки на базовую плоскость с учетом безопасного расстояния или к облому стружки по мере необходимости на 1 мм.

#### Программирование

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE83 (RTP, RFP, SDIS, DP, FDEP, DAM, DTB, FRF, VARI, AXN, MDEP, VRT, DTD).

#### Создание цикла CYCLE 83

Для создания цикла CYCLE83 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Drilling* (H3);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Deep hole drilling* (V3).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE83 (рис. 21).

Retract plane	RTP		
Ref. plane	RFP		
Safety dist.	SDIS		
Fin.dr.depth	DP		abs
Drill depth_1	FDEP		abs
Degr. value	DAM		
Dwell time	DTB		s
Feedr. factor	FRF		
Operation	Chipbreaking		
Axis	3rd geo axis		
Minimum depth	MDEP		
Retract	VRT		
Dwell time	DTD		s

Рис. 21. Параметры цикла CYCLE83

#### Описание параметров цикла CYCLE83

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала сверления по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче. Направление, в котором действует безопасное расстояние, автоматически определяется циклом.

*DP* – глубина сверления относительно базовой плоскости *RFP*.

*FDEP* – глубина сверления до первого вывода сверла для удаления стружки.

*DAM* – величина дегрессии. Глубина, на которую будет выполняться сверление после первого вывода сверла из отверстия.

*DTB* – время выдержки. Инструмент отводится только после времени выдержки (остановки) с целью облома стружки. Время выдержки задается в секундах.

*FRF* – коэффициент подачи при сверлении. С помощью данного фактора может быть снижена подача для первого врезания. Возможный ввод: 0,001–1.

*Operation* – выбор технологии сверления: со стружколоманием или с удалением стружки. При сверлении со стружколоманием после достижения глубины сверления сверло отводится на 1 мм для облома стружки. При сверлении с удалением стружки сверло отводится по мере необходимости на базовую плоскость для удаления стружки из отверстия.

*Axis* – выбор оси инструмента в зависимости от выбранной плоскости сверления (табл. 2, 3).

Таблица 2

Выбор оси инструмента в зависимости от выбранной плоскости

Команда	Плоскость	Вертикальная ось врезной подачи
G17	X/Y	Z
G18	Z/X	Y
G19	Y/Z	X

Таблица 3

Выбор оси инструмента в зависимости от оси сверления

Ось	G17	G18	G19
X	Axis=1	Axis=2	Axis=3
Y	Axis=2	Axis=3	Axis=1
Z	Axis=3	Axis=1	Axis=2

*MDEP* – минимальная глубина сверления. Данным параметром определяется шаг сверления с учетом фактора подачи. Если вычисленный шаг сверления меньше минимальной глубины сверления, то оставшаяся глубина сверления обрабатывается в шагах, соответствующих минимальной глубине сверления.

*VRT* – величина отвода инструмента во время стружколомания. При *VRT* = 0 (параметр не запрограммирован) сверло отводится на 1 мм. Если *VRT* = 1 (для удаления стружки), то сверло отводится по мере необходимости на базовую плоскость, предварительно удаленную на безопасное расстояние.

*DTD* – время выдержки на конечной глубине сверления.

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

S2000 F100 M3 M8

G0 X25 Y25 Z2

**CYCLE83 (5,0,2,-20,0,-10,0,3,0,0,1,0,1,1,0,2,0)**

G0 Z40 M9

M30

## **2.1.4. Сверление нескольких отверстий – MCALL**

Когда с помощью одного цикла необходимо изготовить несколько отверстий одной конфигурации, вызывается цикл MODAL (активация через программную клавишу (V6)). Циклы сверления нескольких отверстий можно использовать с постоянными циклами сверления, развертывания, нарезания резьбы.

Позиции обработки указываются с оператором G0; в конце модальный вызов сбрасывается через команду MCALL.

Слово «модальный» переводится с английского языка как «самоблокирующий, самоудерживающий». Это значит, что активной является команда для блока, в котором она находится (например, G-функция, запрограммированная позиция оси или, как в данном случае, полный цикл). В циклах сверления это приводит к тому, что команда выполняется снова после каждого программируемого перемещения. Рассмотрим это на примере цикла сверления CYCLE82.

### ***Программирование***

В управляющей программе цикл MCALL CYCLE82 записывается отдельным кадром: MCALL CYCLE82 (RTR, RFP, SDIS, DP, DTB).

### **Создание MCALL CYCLE82**

Для создания цикла MCALL CYCLE82 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Drilling* (H3);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Drilling centering* (V2);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *MCALL* (V6).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла MCALL CYCLE82 и закрыть его. После этого нужно:

- 1) нажать в вертикальном ряду кнопку *Hole pattern pos* (V7);
- 2) нажать в вертикальном ряду кнопку *Grid patten* (V2), *Hole circle* (V3) или *Arbitrary position* (V4) в зависимости от расположения обрабатываемых отверстий.

#### **2.1.4.1. Цикл HOLES1**

С помощью этого цикла можно просверлить ряд отверстий, лежащих на одной прямой, или изготовить решетку отверстий (цикл 801). Способ сверления определяется через заранее модально выбранный цикл сверления.

#### **Программирование**

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: HOLES1 (SPCA, SPCO, STA1, FDIS, DBH, NUM).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла HOLES1 (сверление отверстий, лежащих на одной прямой) (рис. 22).

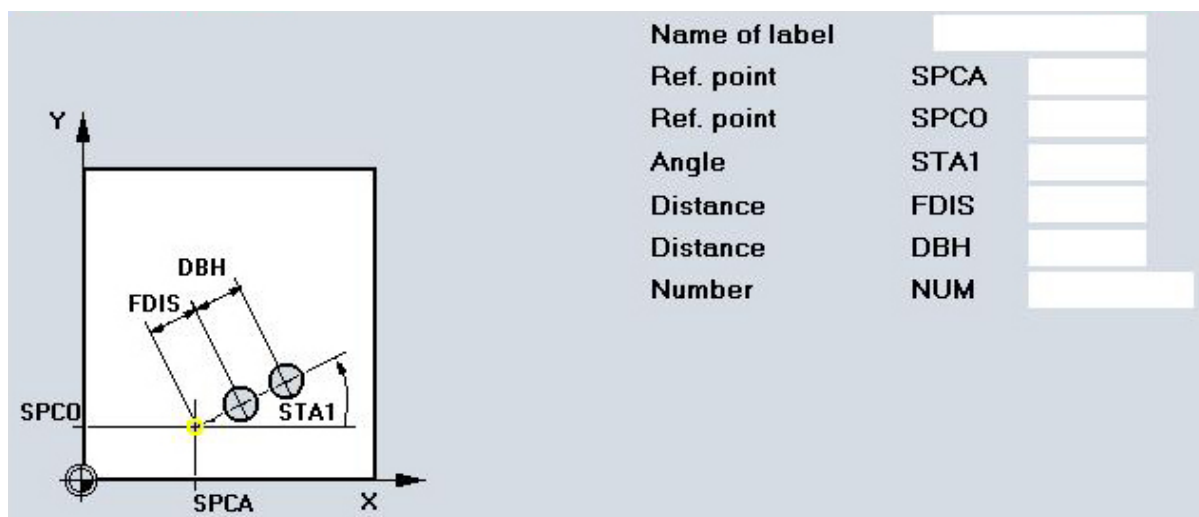


Рис. 22. Параметры цикла HOLES1

#### **Описание параметров цикла HOLES1**

*Name of label* – название цикла.

*SPCA* – центральная точка по оси X.



*SPCO* – центральная точка по оси Y.

*STA1* – начальный угол относительно оси X.

*FDIS* – расстояние между центральной точкой и первым отверстием.

*DBH* – расстояние между отверстиями.

*NUM* – число отверстий.

### **Пример программы**

T1 D1

M6

G54

S1000 F1000 M3 M8

G0 X0 Y0 Z30

**MCALL CYCLE82 (10,0,2,-12,0)**

**HOLES1 (20,-40,15,0,30,4)**

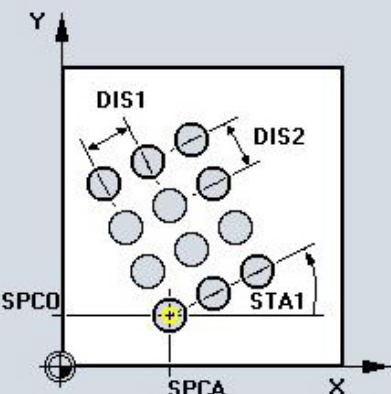
**MCALL**

M9 G0 Z250

M30

Программирование решетки отверстий задается *циклом 801*. Для создания цикла 801 необходимо в цикле HOLES1 нажать в вертикальном ряду кнопку *Hole grid* (V4).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла 801 (SPCA, SPCO, STA1, DIS1, DIS2, NUM1, NUM2) (рис. 23).



Name of label	
Ref. point	SPCA
Ref. point	SPCO
Angle	STA1
Distance	DIS1
Distance	DIS2
Number	NUM1
Number	NUM2

Рис. 23. Параметры цикла 801

### **Описание параметров цикла 801**

*Name of label* – название цикла.

*SPCA* – центральная точка по оси X.

*SPCO* – центральная точка по оси Y.

*STA1* – начальный угол относительно оси X.  
*DIS1* – расстояние между вертикальными рядами (без знака).  
*DIS2* – расстояние между горизонтальными рядами (без знака).  
*NUM1* – число вертикальных рядов.  
*NUM2* – число горизонтальных рядов.

### **Пример программы**

```

T1 D1
M6
G54
S1000 F100 M3 M8
G0 X0 Y0 Z5
MCALL CYCLE82 (5,0,2,-10,2)
CYCLE801 (20,20,0,5,10,4,4)
MCALL
G0 Z30 M9
M30
  
```

### **2.1.4.2. Цикл HOLES2**

С помощью этого цикла можно просверлить отверстия, находящиеся на одном радиусе. Способ сверления определяется через заранее модально выбранный цикл сверления. Последовательность позиций сверления обрабатывается с оптимизацией траектории.

### **Программирование**

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: HOLES2 (CPA, CPO, RAD, STA1, INDA, NUM).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла HOLES2 (рис. 24).

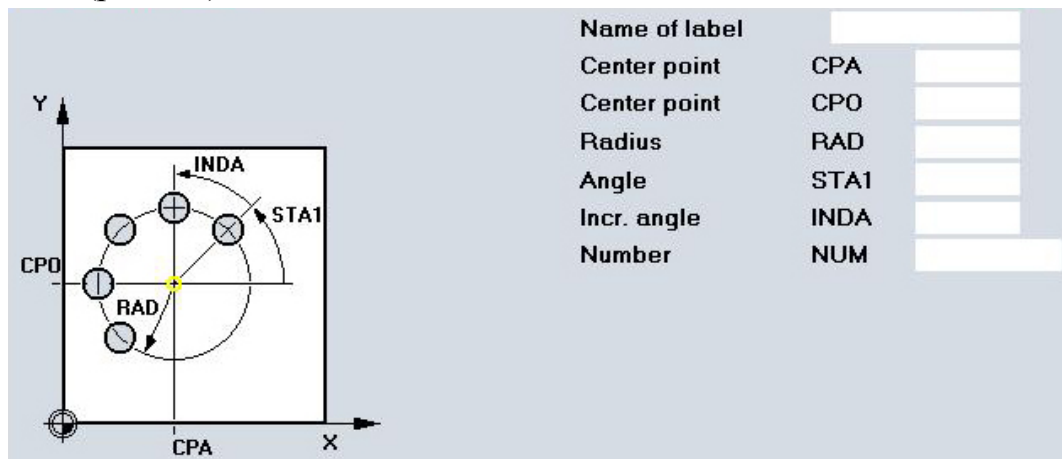


Рис. 24. Параметры цикла HOLES2

### ***Описание параметров цикла HOLES2***

*Name of label* – название цикла.

*CPA* – центральная точка по оси X.

*CPO* – центральная точка по оси Y.

*RAD* – радиус окружности расположения отверстий.

*STAI* – начальный угол относительно оси X.

*INDA* – угол индексации между отверстиями. Когда  $INDA = 0$ , отверстия распределяются равномерно по окружности.

*NUM* – число отверстий.

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54 S1000 F100 M3 M8

G0 X30 Y30 Z5

**MCALL CYCLE83 (5,0,2,-20,0,-10,0,5,0,0,1,0)**

**HOLES2 (20,20,10,0,30,12)**

**MCALL**

G0 Z40 M9

M30

### ***2.1.4.3. Цикл Positions***

С помощью этого цикла можно просверлить отверстия, находящиеся в произвольном порядке. Способ сверления определяется через заранее модально выбранный цикл сверления. Позиции сверления обрабатываются в соответствии с заданной траекторией перемещения инструмента относительно этих отверстий. При помощи цикла можно просверлить только пять отверстий. Для следующей группы отверстий необходимо создать новый цикл.

### ***Программирование***

В управляющей программе NAME (X0, Y0, X1, Y1, X2, Y2, X3, Y3, X4, Y4) записывается отдельным кадром.

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла Positions (рис. 25).

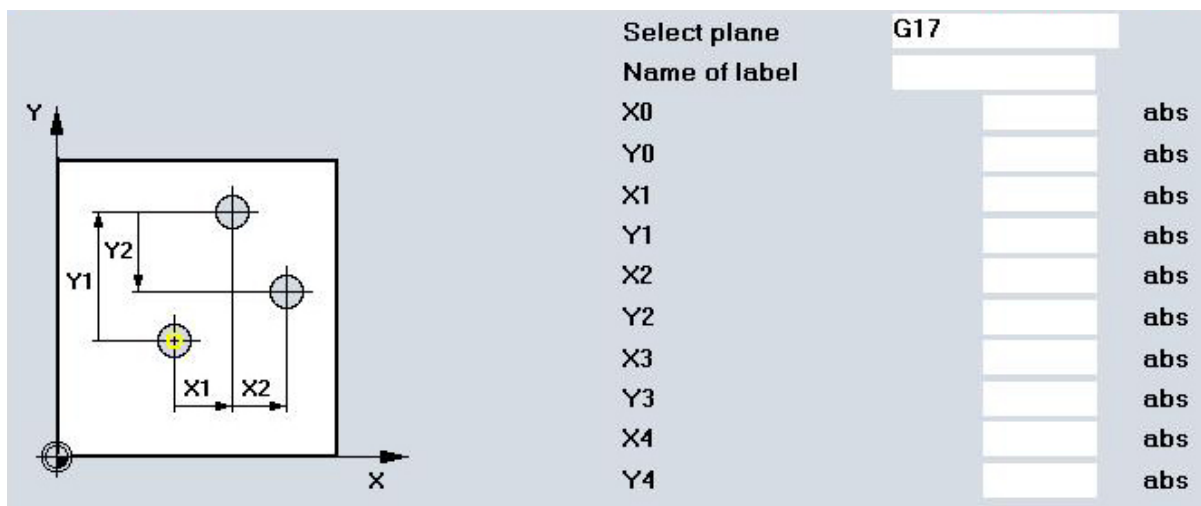


Рис. 25. Параметры цикла Positions

### **Описание параметров цикла Positions**

*Name of label* – название цикла.

*X0* – координаты первого отверстия по оси X.

*Y0* – координаты первого отверстия по оси Y и т. д.

### **Пример программы**

T1 D1

M6

G54 S1000 F100 M3 M8

G0 X30 Y30 Z5

**MCALL CYCLE83 (5,0,2,-20,0,-10,0,5,0,0,1,0)**

**OTV (20, 20, 10, 10,35,35)**

**MCALL**

G0 Z40 M9

M30

## **2.1.5. Нарезание внутренней резьбы без компенсирующего патрона – CYCLE84**

### **Назначение**

С помощью цикла CYCLE84 можно запрограммировать нарезание внутренней резьбы при помощи метчика.

### **Программирование**

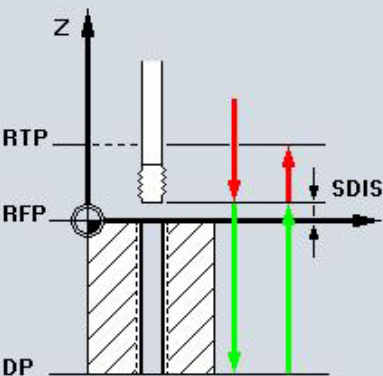
В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE 84 (RTP, RFP, SDIS, DP, DTB, SDAC, PIT, POSS, SST, SST1).

### Создание цикла CYCLE84

Для создания цикла CYCLE84 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Drilling* (H3);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Tapping* (V5);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Rigid tapping* (V3).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE84 (рис. 26).



Retract plane	RTP		
Ref. plane	RFP		
Safety dist.	SDIS		
Fin.dr.depth	DP		abs
Dwell time	DTB		s
Dir. of rot.	SDAC		M3
Axis		3rd geo axis	
Selection		Right	
Table		None	
Lead	PIT		
Spindle pos.	POSS		
Speed	SST		
Speed retr.	SST1		
Technology		No	
Exact stop		Program	
Fdforw. contr		Program	
Acceleration		Program	
Spindle		peed-controlled	

Рис. 26. Параметры цикла CYCLE84

### Описание параметров цикла CYCLE84

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала сверления по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче. Направление, в котором действует безопасное расстояние, автоматически определяется циклом.

*DTB* – время выдержки. Инструмент отводится только после времени выдержки (остановки) с целью облома стружки. Время выдержки задается в секундах.

*SDAC* – направление вращения шпинделя после конца цикла. Реверс при нарезании резьбы происходит внутри цикла автоматически. Направление вращения шпинделя: M3 – правое, M4 – левое, M5 – останов шпинделя.

*Axis* – выбор оси инструмента.

*Selection* – выбор направления резьбы. Правая резьба – резьба, у которой выступ, вращаясь по часовой стрелке, удаляется вдоль оси от наблюдателя. Левая резьба – резьба, у которой выступ, вращаясь против часовой стрелке, удаляется вдоль оси от наблюдателя.

*Table* – тип резьбы.

*PIT* – шаг резьбы.

*POSS* – позиция шпинделя для его ориентированного останова в цикле (в градусах).

*SST* – скорость шпинделя для нарезания внутренней резьбы.

*SST1* – скорость шпинделя для обратного хода.

*Indeed* – оценка шага PIT нарезаемой резьбы: 0 – запрограммированная система измерений; 1 – шаг, мм; 2 – шаг, выраженный числом витков нарезаемой резьбы, приходящихся на длину резьбы, равную одному дюйму; 3 – шаг, выраженный в дюймах на оборот шпинделя.

*Technology* – программирование технологических установок (точный останов, пилотное управление, ускорение и работа шпинделя).

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

G0 X25 Y25 Z5

**CYCLE84 (5,0,2,-15,0,0,3,0,1,0,350,500,1,0,0,0,0)**

G0 Z40

M30

## **2.1.6. Нарезание внутренней резьбы с компенсирующим патроном – CYCLE840**

### ***Назначение***

С помощью цикла CYCLE840 можно запрограммировать нарезание внутренней резьбы при помощи метчика. Перед выполнением цикла инструмент должен быть размещен над позицией отверстия.

## Программирование

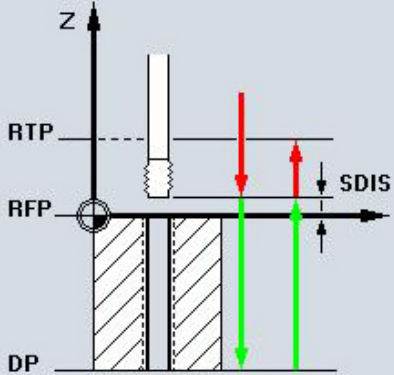
В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE840 (RTP, RFP, SDIS, DP, SDAC, SDR, AXIS, PIT, TECH).

### Создание цикла CYCLE840

Для создания цикла CYCLE840 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Drilling* (H3);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Tapping* (V5);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *with comp chuck* (V4).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE840 (рис. 27).



Retract plane	RTP	<input type="text"/>	
Ref. plane	RFP	<input type="text"/>	
Safety dist.	SDIS	<input type="text"/>	
Fin.dr.depth	DP	<input type="text"/>	abs
Dir. of rot.	SDAC	<input type="text"/>	M3
Dir. of rot.	SDR	<input type="text"/>	M4
Axis		<input type="text"/>	3rd geo axis
Operation		<input type="text"/>	W/o encoder
Feedrate		<input type="text"/>	Calculate
Table		<input type="text"/>	None
Lead	PIT	<input type="text"/>	
Technology		<input type="text"/>	No
Exact stop		<input type="text"/>	Program
Fdforw. contr		<input type="text"/>	Program

Рис. 27. Параметры цикла CYCLE840

### Описание параметров цикла CYCLE840

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала нарезания резьбы по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче. Направление, в котором действует безопасное расстояние, автоматически определяется циклом.

*DP* – конечная глубина нарезания резьбы.

*SDAC* – направление вращения шпинделя для отвода: 0 – автоматическое изменение, 3 – правое, 4 – левое.

*SDR* – направление вращения шпинделя в конце цикла: 3 – правое, 4 – левое, 5 – останов шпинделя

*Axis* – выбор оси инструмента.

*Operation* – использование датчика положения: 0 – использовать датчик положения; 1 – не использовать датчик положения. На станках без датчика положения параметр игнорируется.

*Feedrate* – скорость подачи.

*Table* – тип резьбы.

*PIT* – шаг резьбы, мм.

*Technology* – программирование технологических установок (точный останов, пилотное управление, ускорение и работа шпинделя).

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

S400 M3

G0 X30 Y20 Z5

**CYCLE840 (5,0,3,-25,4,3,1,0,1,25,1,0)**

G0 Z100

X100 Y100

M30

## **2.1.7. Развертывание – CYCLE85**

### ***Назначение***

С помощью цикла CYCLE85 можно развертывать отверстие с запрограммированным числом оборотов шпинделя. Скорость подачи для врезания не является последним запрограммированным значением, а программируется параметром FFR при вызове цикла. Подача при отводе не является быстрой подачей, а программируется параметром RFF при вызове цикла. Цикл работает без назначения коррекции на радиус инструмента.

### ***Программирование***

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE85 (RTR, RFP, SDIS, DP, DTB, FFR, RFF).



### Создание цикла CYCLE85

Для создания цикла CYCLE85 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Drilling* (H3);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Drilling centering* (V2);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Reaming* (V5).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE85 (рис. 28).

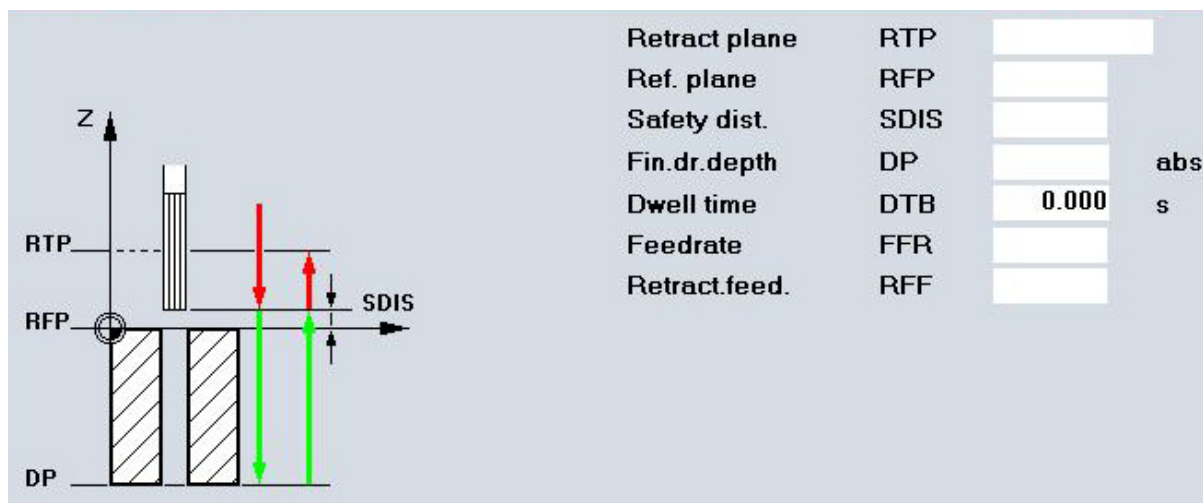


Рис. 28. Параметры цикла CYCLE85

### Описание параметров цикла CYCLE85

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала сверления по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче. Направление, в котором действует безопасное расстояние, автоматически определяется циклом.

*DP* – конечная глубина нарезания резьбы.

*DTB* – время выдержки. Инструмент отводится только после времени выдержки (остановки) с целью облома стружки. Время выдержки задается в секундах.

*FFR* – скорость врезной подачи.

*RFF* – скорость подачи при отводе.

### Пример программы

T1 D1

M6

G54  
 S400 M3  
 G0 X30 Y20 Z5  
**CYCLE85 (5,0,3,-25,0,50,100)**  
 G0 Z100  
 M30

## 2.1.8. Растачивание – CYCLE88

### Назначение

С помощью цикла CYCLE88 можно рассверливать отверстие с запрограммированным числом оборотов шпинделя. Скорость подачи для врезания не является последним запрограммированным значением, а программируется параметром FFR при вызове цикла. Подача при отводе не является быстрой подачей, а программируется параметром RFF при вызове цикла. Цикл работает без назначения коррекции на радиус инструмента.

### Программирование

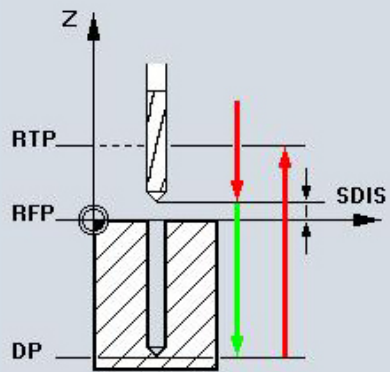
В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE88 (RTR, RFP, SDIS, DP, DTB, SDIR).

### Создание цикла CYCLE88

Для создания цикла CYCLE88 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Drilling* (H3);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Drilling centering* (V2);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Drilling with stop* (V4).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE88 (рис. 29).



Retract plane	RTP	<input type="text"/>	
Ref. plane	RFP	<input type="text"/>	
Safety dist.	SDIS	<input type="text"/>	
Fin.dr.depth	DP	<input type="text"/>	abs
Dwell time	DTB	<input type="text"/>	s
Dir. of rot.	SDIR	<input type="text" value="M3"/>	

Рис. 29. Параметры цикла CYCLE88

### ***Описание параметров цикла CYCLE88***

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала сверления по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче. Направление, в котором действует безопасное расстояние, автоматически определяется циклом.

*DP* – конечная глубина нарезания резьбы.

*DTB* – время выдержки. Инструмент отводится только после времени выдержки (остановки) с целью облома стружки. Время выдержки задается в секундах.

*SDIR* – направление вращения шпинделя при отводе инструмента: 3 – правое, 4 – левое.

### ***Пример программы***

```
T1 D1  
M6  
G54  
S400 M3  
G0 X30 Y20 Z5  
CYCLE88 (5,0,3,-25,2,3)  
G0 Z100  
M30
```

## **2.1.9. Растачивание 2 – CYCLE86**

### ***Назначение***

С помощью цикла CYCLE86 можно растачивать отверстия с запрограммированным числом оборотов шпинделя. Допускается использование только расточной резцовой головки. Направление вращения программируется в цикле при помощи *SDIR*. На дне расточного отверстия выполняется ориентированный останов шпинделя (*POSS*), и расточная резцовая головка может подниматься от поверхности при помощи *RPA*, *RPO*, *RPAP* по осям во избежание царапания поверхности при отводе.

### ***Программирование***

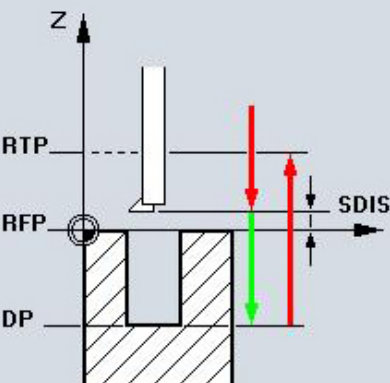
В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE86 (*RTR*, *RFP*, *SDIS*, *DP*, *DTB*, *SDIR*, *RPA*, *RPO*, *RPAP*, *POSS*).

### Создание цикла CYCLE86

Для создания цикла CYCLE86 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Drilling* (H3);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Boring* (V4).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE86 (рис. 30).



Retract plane	RTP	<input type="text"/>	
Ref. plane	RFP	<input type="text"/>	
Safety dist.	SDIS	<input type="text"/>	
Fin.dr.depth	DP	<input type="text"/>	abs
Dwell time	DTB	<input type="text"/>	s
Dir. of rot.	SDIR	<input type="text" value="M3"/>	
Retract path	RPA	<input type="text"/>	
Retract path	RPO	<input type="text"/>	
Retract path	RPAP	<input type="text"/>	
Spindle pos.	POSS	<input type="text"/>	

Рис. 30. Параметры цикла CYCLE86

### Описание параметров цикла CYCLE86

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала сверления по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче. Направление, в котором действует безопасное расстояние, автоматически определяется циклом.

*DP* – конечная глубина нарезания резьбы.

*DTB* – время выдержки. Инструмент отводится только после времени выдержки (остановки) с целью облома стружки. Время выдержки задается в секундах.

*SDIR* – направление вращения шпинделя при отводе инструмента:  
3 – правое, 4 – левое.

*RPA* – движение подъема по оси X с приращением (со знаком).

*RPO* – движение подъема по оси Y с приращением (со знаком).

*RPAP* – движение подъема по оси *Z* с приращением (со знаком).  
*POSS* – позиционирование шпинделя для точного останова в цикле.

### ***Пример программы***

T1 D1  
M6  
G54  
S400 M3  
G0 X30 Y20 Z5  
**CYCLE86 (5,0,3,-25,2,3, 2,1,1, 45)**  
G0 Z100  
M30

## **2.2. Циклы фрезерования**

*Циклы фрезерования* – это установленные процессы для фрезерования плоскостей, контуров, пазов и карманов с установленными названиями и списком параметров.

Циклы фрезерования представлены в табл. 4.

Таблица 4

Циклы фрезерования

Цикл фрезерования	Обозначение	Особенности параметрирования
1	2	3
Плоское фрезерование	CYCLE71	Фрезерование различных плоских поверхностей
Контурное фрезерование	CYCLE72	Контурное фрезерование деталей
Фрезерование продольных отверстий на окружности	LONGHOLE	Фрезерование продольных отверстий, расположенных на одной окружности. В отличие от ширины паза ширина продольного отверстия определяется через диаметр инструмента
Фрезерование пазов на окружности	SLOT1	Фрезерование пазов, которые расположены на одной окружности. Продольная ось пазов центрирована радиально
Фрезерование круговых пазов	SLOT2	Фрезерование круговых пазов, расположенных на одном радиусе

1	2	3
Фрезерование прямоугольного кармана	POCKET3	Фрезерование внутреннего прямоугольного кармана. Врезная подача всегда начинается в центре выемки и выполняется вертикально из этой точки
Фрезерование кругового кармана	POCKET4	Фрезерование внутреннего кругового кармана. Врезная подача всегда начинается в центре выемки и выполняется вертикально из этой точки
Фрезерование прямоугольного выступа	CYCLE76	Фрезерование наружного прямоугольного выступа
Фрезерование кругового выступа	CYCLE77	Фрезерование наружного кругового выступа
Резьбофрезерование	CYCLE90	Нарезание наружной или внутренней резьбы фрезой. При резьбофрезеровании траектория основывается на винтовой интерполяции
Фрезерование карманов с островками или без них	CYCLE73	Фрезерование карманов с островками и без островков с помощью циклов 74 и 75

### 2.2.1. Цикл плоского фрезерования – CYCLE71

#### *Назначение*

С помощью цикла CYCLE71 можно отфрезеровать любую прямоугольную плоскую поверхность. Цикл имеет два вида обработки: черновую обработку (фрезерование плоскости пошагово до припуска чистовой обработки) и чистовую обработку (однократное фрезерование плоскости). При программировании задается максимальная подача в ширине и глубине. Цикл работает без назначения коррекции радиуса фрезы. Подача глубины происходит свободно.

#### *Программирование*

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE71 (RTR, RFP, SDIS, DP, PA, PO, LENG, WID, STA, MID, MIDA, FDP, FALD, FFP1, VARI, FDP1).

#### *Создание цикла CYCLE71*

Для создания цикла CYCLE71 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;

- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Face milling* (V2).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE71 (рис. 31).

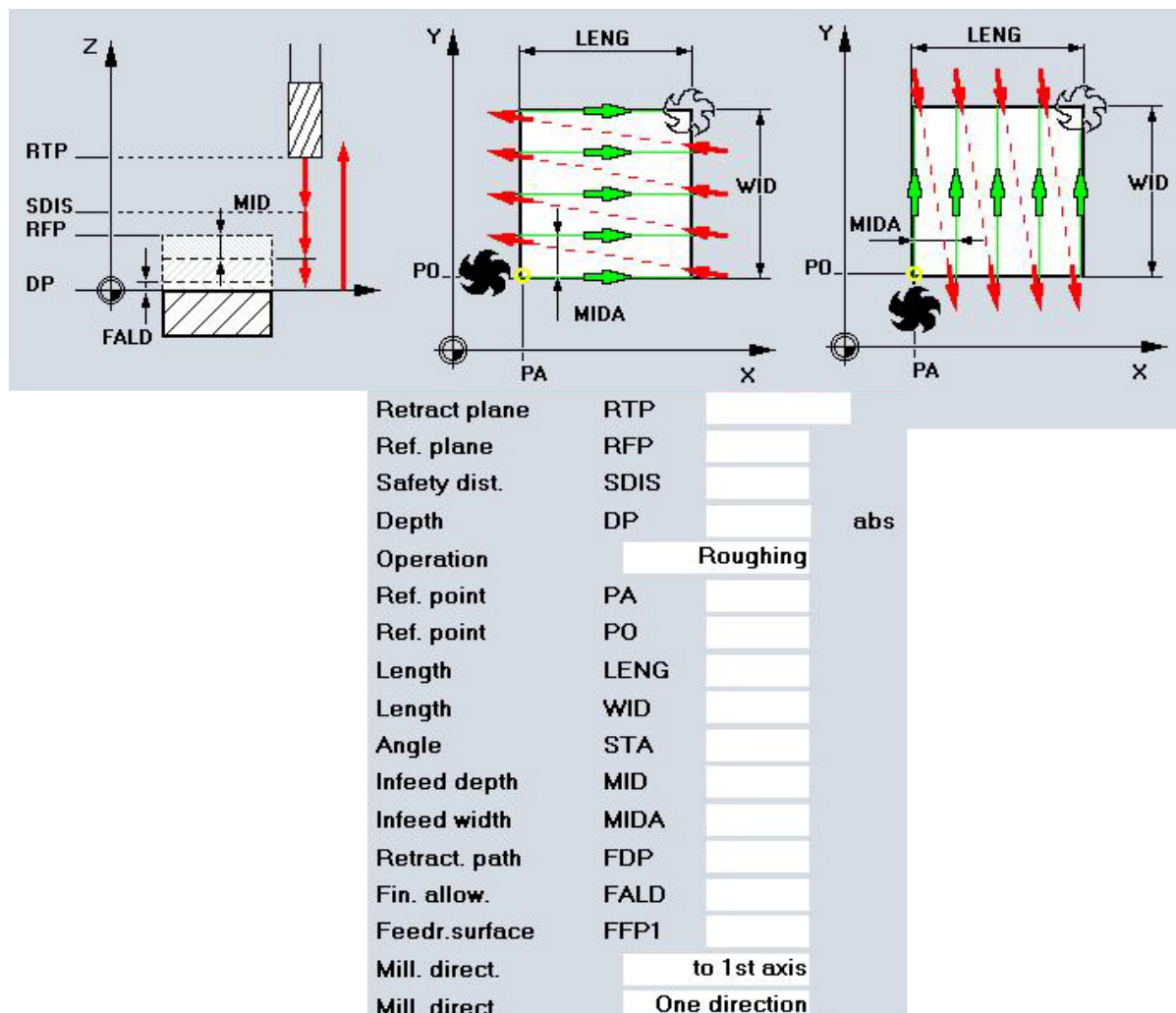


Рис. 31. Параметры цикла CYCLE71

### **Описание параметров цикла CYCLE71**

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования относительно базовой плоскости *RFP*.

*Operation* – вид обработки (черновая, чистовая).

*PA* – начальная точка фрезерования по оси X.

*PO* – начальная точка фрезерования по оси Y.

*LENG* – длина обрабатываемой детали по оси X.

*WID* – длина обрабатываемой детали по оси Y.

*STA* – угол между продольной осью прямоугольника и осью X. Область значения  $0^\circ \leq STA < 180^\circ$ .

*MID* – максимальная глубина подачи при фрезеровании за один проход.

*MIDA* – максимальная ширина врезания при фрезеровании плоскости.

*FDP* – произвольная траектория в направлении плоскости. Значение должно всегда быть больше нуля.

*FALD* – припуск чистовой обработки в глубине.

*FFP1* – величина подачи для обработки плоскости.

*Mill. direct.* – способ обработки: 1 – параллельно оси X в одном направлении; 2 – параллельно оси Y в одном направлении; 3 – параллельно оси X с меняющимся направлением; 4 – параллельно оси Y с меняющимся направлением.

*Mill. direct.* – путь перебега в направлении подачи.

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

S500 F200 M3 M8

G0 X0 Y0 Z20

**CYCLE71 (5,0,2,-2,0,0,90,60,15,2,15,5,0,250,3,2)**

G0 Z50

M30

## **2.2.2. Цикл контурного фрезерования – CYCLE72**

### ***Назначение***

Циклом CYCLE72 программируется контурная обработка деталей. Цикл используется для черновой и чистовой обработки.

### ***Программирование***

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE72 (RTR, RFP, SDIS, DP, MID, FAL, FALD, FFP1, FFD, VARI, FDP1).

### ***Создание цикла CYCLE72***

Для создания цикла CYCLE72 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Path milling* (V3).



В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE72 (рис. 32).

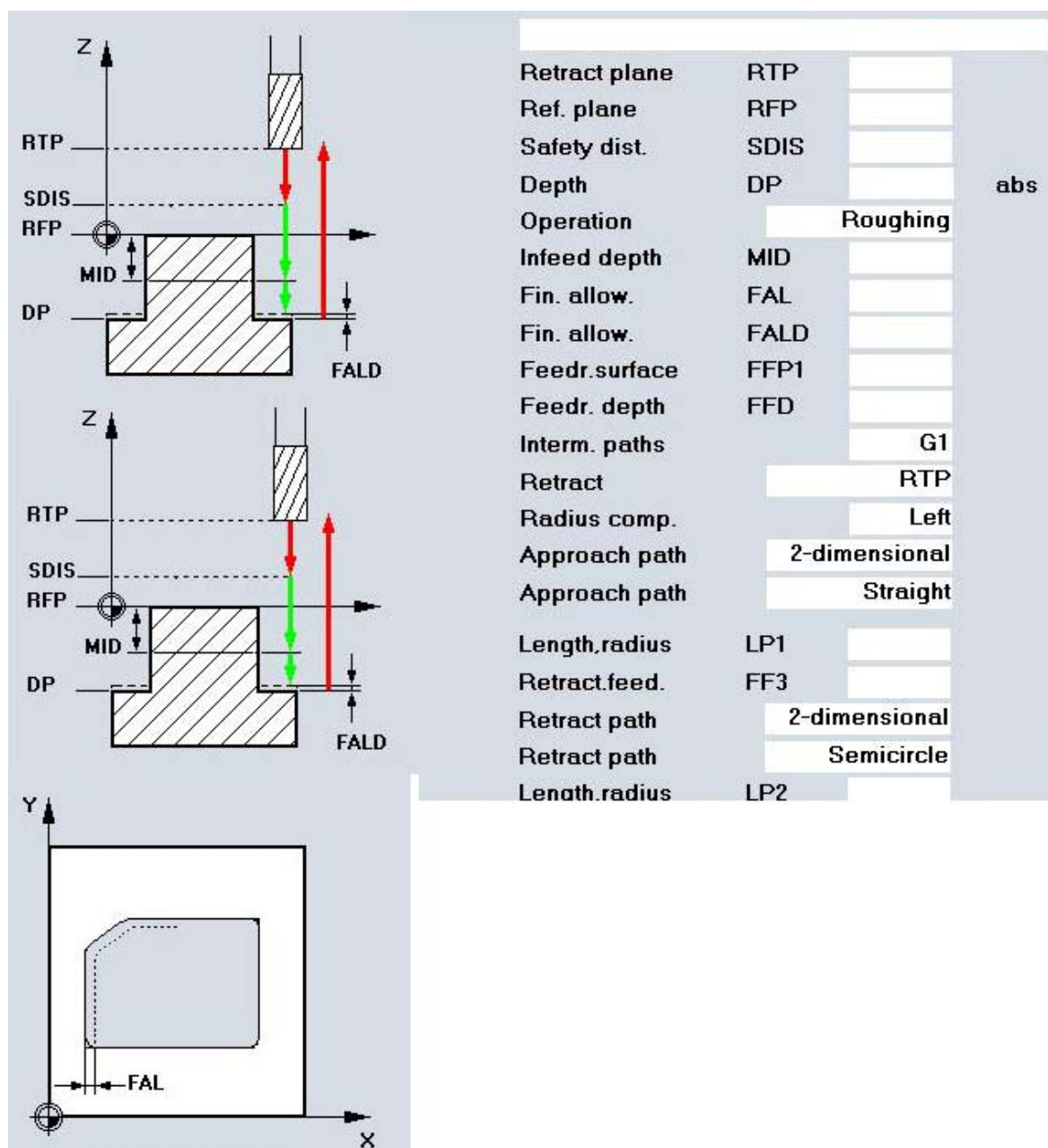


Рис. 32. Параметры цикла CYCLE72

### Описание параметров цикла CYCLE 72

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования относительно базовой плоскости *RFP*.

*Operation* – вид обработки (черновая, чистовая).

*MID* – максимальная глубина подачи при фрезеровании за один проход.

*FAL* – припуск чистовой обработки по краю контура.

*FALD* – припуск чистовой обработки обработки в глубине.

*FFP1* – величина подачи для обработки плоскости.

*FFD* – величина подачи для врезания на глубину.

*Interm. paths* – движение к стартовой точке для первого фрезерования.

*Retract* – плоскость отвода.

*Radius comp.* – фрезерование вдоль контура с функцией G40/G41/G42.

*Approach path* – путь подхода по координатам.

*Approach path* – путь подхода (по прямой или по радиусу).

*LP1* – путь или радиус подвода (расстояние между внешним краем инструмента и стартовой точкой контура). Значение должно быть больше нуля.

*FF3* – величина подачи отвода для промежуточных позиционирований в плоскости.

*Retract path* – путь отвода по координатам.

*Retract path* – путь отвода (по прямой или по радиусу).

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54 S1500 F150 M3 M8

**CYCLE72 («Contur», 5,0,2,-10,2,0,0,150,100,11,41,2,5,0,2,5)**

G0 Z100 M9

M30

*Подпрограмма «Contur»*

G1 X50 Y25

Y-25 RND=8

X-100 RND=8

Y25 RND=8

X50 RND=8

M17

### **2.2.3. Цикл фрезерования продольных отверстий на окружности – LONGHOLE**

#### ***Назначение***

Циклом LONGHOLE программируют фрезерную обработку продольных отверстий, расположенных на одной окружности. В отличие от ширины паза

ширина продольного отверстия определяется через диаметр инструмента. Внутри цикла вычисляется оптимальная траектория перемещения инструмента, которая исключает ненужные холостые ходы. Если для обработки требуется несколько прерывистых подач на глубину, то подача происходит переменнo в конечных точках. Траектория, обводимая в плоскости вдоль продольной оси отверстия, меняет направление после каждой подачи на глубину. Переход к следующему отверстию осуществляется самостоятельно через короткий путь.

### Программирование

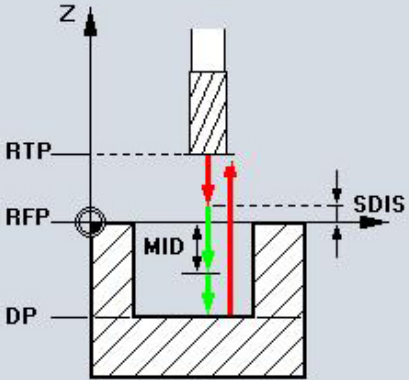
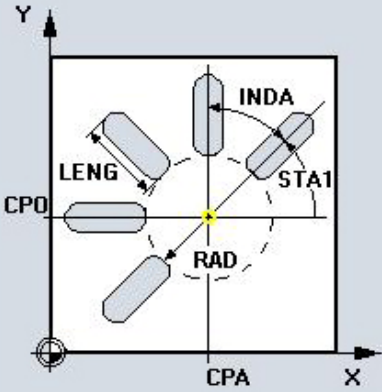
В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: LONGHOLE (RTR, RFP, SDIS, DP, NUM, LENG, CPA, CPO, RAD, STA1, INDA, FFD, FFP1, MID).

#### Создание цикла LONGHOLE

Для создания цикла LONGHOLE необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Groove* (V6);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Elongated hole* (V2).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла LONGHOLE (рис. 33).

Retract plane	RTP		
Ref. plane	RFP		
Safety dist.	SDIS		
El.hole depth	DP		abs
Number	NUM		
Hole length	LENG		
Center point	CPA		
Center point	CPO		
Radius	RAD		
Start. angle	STA1		
Incr. angle	INDA		
Feedr. depth	FFD		
Feedr.surface	FFP1		
Infeed depth	MID		

Рис. 33. Параметры цикла LONGHOLE

### ***Описание параметров цикла LONGHOLE***

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования относительно базовой плоскости *RFP*.

*NUM* – количество пазов.

*LENG* – длина паза.

*CPA* – центр окружности по оси X.

*CPO* – центр окружности по оси Y.

*RAD* – радиус окружности.

*STAI* – начальный угол.

*INDA* – угол поворота между пазами.

*FFD* – величина подачи на глубину.

*FFP1* – величина подачи для обработки плоскости.

*MID* – максимальная глубина для подачи одного врезания (задается без знака).

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

S500 M3 M8

G0 X60 Y60 Z5

**LONGHOLE (5,0,2,-10,0,8,20,40,40,8,0,45,80,150,2)**

G0 Z100 M9

M30

## **2.2.4. Цикл фрезерования пазов на окружности – SLOT1**

### ***Назначение***

Цикл *SLOT1* – это комбинированный цикл черновой и чистовой обработки. При помощи данного цикла можно обработать пазы, которые расположены на одной окружности. Продольная ось пазов центрирована радиально. В противоположность продольному пазу (*LONGHOLE*) нужно задать значение ширины паза.

## Программирование

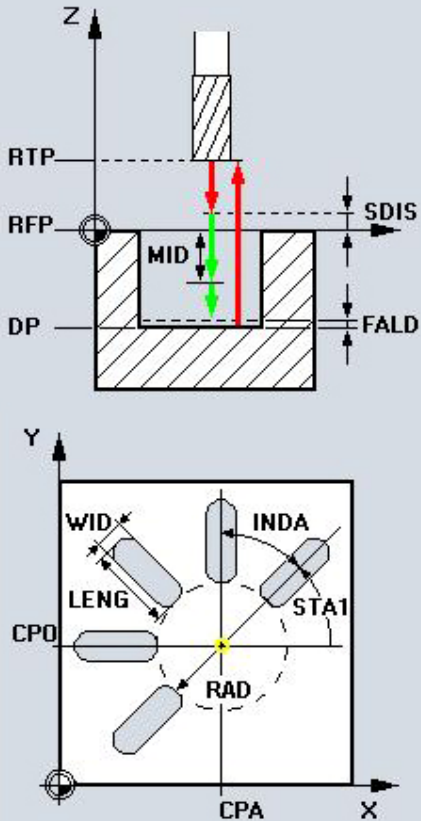
В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: SLOT1 (RTR, RFP, SDIS, DP, NUM, LENG, WID, CPA, CPO, RAD, STA1, INDA, FFD, FFP1, MID, FAL, MIDF, FFP2, SSF).

### Создание цикла *SLOT1*

Для создания цикла *SLOT1* необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Groove* (V6);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Grooving* (V3).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла *SLOT1* (рис. 34).



Retract plane	RTP		
Ref. plane	RFP		
Safety dist.	SDIS		
Slot depth	DP		abs
Operation		Complete	
Number	NUM		
Slot length	LENG		
Groove wid	WID		
Center point	CPA		
Center point	CPO		
Radius	RAD		
Start. angle	STA1		
Incr. angle	INDA		
Feedr. depth	FFD		
Feedr. surface	FFP1		
Infeed depth	MID		
Mill. direct.		G3	
Fin. allow.	FAL		
Infeed depth	MIDF		
Feed finish	FFP2	0.000	
Speed	SSF		
Insertion		G1	

Рис. 34. Параметры цикла *SLOT1*

### Описание параметров цикла *SLOT1*

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования относительно базовой плоскости RFP.

*Operation* – вид обработки (черновая, чистовая).

*NUM* – количество пазов.

*LENG* – длина паза.

*WID* – ширина паза.

*CPA* – центр окружности по оси X.

*CPO* – центр окружности по оси Y.

*RAD* – радиус окружности.

*STAI* – начальный угол.

*INDA* – угол поворота между пазами.

*FFD* – величина подачи на глубину.

*FFP1* – величина подачи для обработки плоскости.

*MID* – максимальная глубина подачи.

*Mill. direct.* – направление фрезерования (G2 или G3).

*FAL* – припуск на чистовую обработку.

*MIDF* – фрезерование оставшегося припуска на чистовую обработку при заданном числе оборотов шпинделя SSF и подаче FFP2. Если MIDF = 0, то подача происходит сразу на конечную глубину.

*FFP2* – величина подачи на глубину.

*SSF* – число оборотов шпинделя.

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

S1200 M3 M8

G0 X40 Y40 Z2

**SLOT1 (5,0,2,-5,0,8,10,30,30,5,45,45,70,150,2)**

G0 Z30 M9

M30

## **2.2.5. Цикл фрезерования круговых пазов – SLOT2**

### ***Назначение***

Цикл SLOT2 – это комбинированный цикл черновой и чистовой обработки. С использованием данной функции подвод к каждой позиции

паза осуществляется с быстрой подачей и выполняется обработка запрограммированного паза.

Ширина паза программируется так, чтобы она превышала диаметр инструмента, но не более чем в 2 раза. Повод к позициям пазов выполняется с оптимизацией траектории.

### Программирование

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: SLOT2 (RTR, RFP, SDIS, DP, NUM, AFSL, WID, CPA, CPO, RAD, STA1, INDA, FFD, FFP1, MID, FAL, MIDF, FFP2, SSF).

### Создание цикла SLOT2

Для создания цикла SLOT2 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Groove* (V6);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Circular slot* (V4).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла SLOT2 (рис. 35).

Retract plane	RTP		
Ref. plane	RFP		
Safety dist.	SDIS		
Cir.slotdepth	DP		abs
Operation		Complete	
Number	NUM		
Angle	AFSL		
Groove wid	WID		
Center point	CPA		
Center point	CPO		
Radius	RAD		
Start. angle	STA1		
Incr. angle	INDA		
Feedr. depth	FFD		
Feedr.surface	FFP1		
Infeed depth	MID		
Mill. direct.		G3	
Fin. allow.	FAL		
Infeed depth	MIDF		
Feed finish	FFP2	0.000	
Speed	SSF		

Рис. 35. Параметры цикла SLOT2

### ***Описание параметров цикла SLOT2***

*RTR* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования относительно базовой плоскости *RFP*.

*Operation* – вид обработки (черновая, чистовая).

*NUM* – количество пазов.

*AFSL* – длина паза.

*WID* – ширина паза.

*CPA* – центр окружности по оси X.

*CPO* – центр окружности по оси Y.

*RAD* – радиус окружности.

*STAI* – начальный угол.

*INDA* – угол поворота между пазами.

*FFD* – величина подачи на глубину.

*FFP1* – величина подачи для обработки плоскости.

*MID* – максимальная глубина подачи.

*Mill. direct.* – направление фрезерования (G2 или G3).

*FAL* – припуск на чистовую обработку.

*MIDF* – фрезерование оставшегося припуска на чистовую обработку при заданном числе оборотов шпинделя *SSF* и подаче *FFP2*. Если *MIDF* = 0, то подача происходит сразу на конечную глубину.

*FFP2* – величина подачи на глубину.

*SSF* – число оборотов шпинделя.

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

S1000 M3 M8

G0 X80 Y80 Z5

**SLOT2 (5,0,2,-10,0,4,45,12,80,80,40,0,90,100,150,2,3,0.1,0,6,300,2000)**

G0 Z100 M9

M30



## 2.2.6. Цикл фрезерования прямоугольного кармана – РОCKET3

### *Назначение*

Цикл РОCKET3 – это комбинированный цикл черновой и чистовой обработки. Для чистовой обработки требуется торцовая фреза. Врезная подача всегда начинается в центре выемки и выполняется вертикально из этой точки. Имеет смысл сделать в данной позиции предварительное сверление. Поэтому коррекцию на инструмент следует программировать перед вызовом цикла. В ином случае цикл прерывается тревогой.

При программировании цикла РОCKET3 следует продумать стратегию обработки прямоугольного кармана по следующим параметрам цикла:

- направление фрезерования можно по выбору определить через G-команды (G2/G3) или по сравнению с направлением вращения шпинделя;
- максимальная ширина врезания в плоскости при выборке металла является программируемой;
- припуск на чистовую обработку задается в соответствии с выемкой;
- используются три различные стратегии захода: перпендикулярно в середине выемки, по винтовой траектории от середины выемки, челночно по средней оси выемки;
- выбирается кратчайший путь захода в плоскости при чистовой обработке;
- принимаются во внимание контур заготовки в плоскости и припуск на черновую обработку по дну;
- возможна оптимальная обработка предварительно сформованной заготовки.

### *Программирование*

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: РОCKET3 (RTP, RFP, SDIS, DP, LENG, WID, CRAD, PA, PO, STA, MID, FAL, FALD, FFP1, FFD, CDIR, VARI, MIDA, AP1, AP2, AD, RAD1, DP1).

### *Создание цикла РОCKET3*

Для создания цикла РОCKET3 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Standard pockets* (V5);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Rectang pocket* (V4).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла POCKET3 (рис. 36).

Retract plane	RTP		
Ref. plane	RFP		
Safety dist.	SDIS		
Pocket depth	DP		abs
Operation		Roughing	
Dimensions		Center	
Pocket length	LENG		
Pocket width	WID		
Corner radius	CRAD		
Ref. point	PA		
Ref. point	PO		
Angle	STA		
Infeed depth	MID		
Fin. allow.	FAL		
Fin. allow.	FALD		
Feedr. surface	FFP1		
Feedr. depth	FFD		
Mill. direct.		Down-cut	
Infeed width	MIDA	0.000	
Solid machin.		Ent.pocket	

Рис. 36. Параметры цикла POCKET3

### Описание параметров цикла POCKET3

*RTP* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования относительно базовой плоскости RFP.  
*Operation* – вид обработки (черновая, чистовая).  
*Dimensions* – задание размеров (от центра или от угла).  
*LENG* – длина выемки (задается без знака).  
*WID* – ширина выемки (задается без знака).  
*CRAD* – угловой радиус (задается без знака).  
*PA* – центральная точка выемки по оси X (абсолютное значение).  
*PO* – центральная точка выемки по оси Y (абсолютное значение).  
*STA* – угол выемки относительно оси X.  
*MID* – максимальная глубина одного врезания (задается без знака).  
*FAL* – припуск на чистовую обработку по контуру (задается без знака).  
*FALD* – припуск на чистовую обработку по глубине (задается без знака).  
*FFP1* – подача для обработки на плоскости.  
*FFD* – подача для врезания на глубину.  
*Mill. direct.* – направление фрезерования выемки: 0 – синхронизированное фрезерование, 1 – встречное фрезерование, 2 – с G2, 3 – с G3.  
*Insertion* – тип обработки. Разряд единиц: 1 – черновая обработка, 2 – чистовая обработка. Разряд десятков: 0 – G0, 1 – G1, 2 – винтовая обработка, 3 – челночная обработка.  
*MIDA* – максимальная глубина врезания для чистовой обработки.  
*Solid machin.* – дно кармана.  
*AP1* – черновой размер длины выемки.  
*AP2* – черновой размер ширины выемки.  
*AD* – черновой размер глубины выемки.  
*RAD1* – радиус винтовой траектории при заходе.  
*DPI* – глубина врезания на поворот при заходе по винтовой траектории.

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

S1500 M3 M8

**POCKET3 (5,0,2,-8,30,15,5,60,60,20,2,0.3,0.2,200,80,3,21,5,10,2)**

G0 Z80 M9

M30

## 2.2.7. Цикл фрезерования кругового кармана – РОCKET4

### *Назначение*

Цикл РОCKET4 – это комбинированный цикл черновой и чистовой обработки. Врезная подача всегда начинается в центре выемки и выполняется вертикально из этой точки. Имеет смысл сделать в данной позиции предварительное сверление. Поэтому коррекцию на инструмент следует программировать перед вызовом цикла. В ином случае цикл прерывается тревогой.

При программировании цикла РОCKET4 следует продумать стратегию обработки кругового кармана по следующим параметрам цикла:

- направление фрезерования можно по выбору определять через G-функцию (G2/G3) либо как попутное или встречное фрезерование по отношению к вращению шпинделя;
- максимальная ширина врезания в плоскости при выборке материала программируется;
- чистовой припуск выполняется также и по дну выемки;
- используются две различные стратегии захода: перпендикулярно в центре выемки, по винтовой траектории от центра выемки;
- определяется кратчайший путь при проходе в плоскости при чистовой обработке;
- принимаются во внимание контур заготовки в плоскости и черновой размер по дну (оптимальная обработка предварительно сформированной выемки).

### *Программирование*

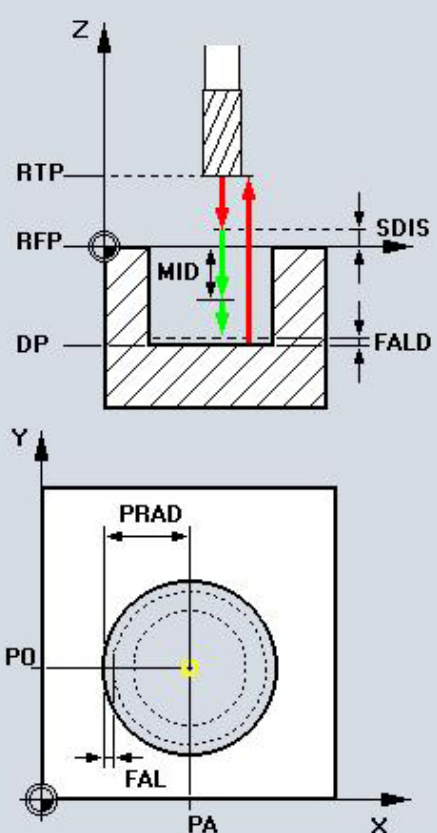
В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: РОCKET4 (RTP, RFP, SDIS, DP, PRAD, PA, PO, MID, FAL, FALD, FFP1, FFD, CDIR, VARI, MIDA, AP1, AD, RAD1, DP1).

### *Создание цикла РОCKET4*

Для создания цикла РОCKET4 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Standard pockets* (V5);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Circular pocket* (V5).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла POCKET4 (рис. 37).



The diagram illustrates the POCKET4 cycle parameters. The top part shows a 3D view of a tool milling a pocket in a block. Key points labeled include RTP (Retract plane), RFP (Ref. plane), SDIS (Safety dist.), DP (Pocket depth), MID (Infeed depth), FALD (Fin. allow. depth), and FAL (Fin. allow. width). The bottom part shows a 2D top view of the pocket with labels for PRAD (Pocket radius), PA (Center point X), PO (Center point Y), and FAL (Fin. allow. width).

Retract plane	RTP		
Ref. plane	RFP		
Safety dist.	SDIS		
Pocket depth	DP		abs
Operation		Roughing	
Pocket radius	PRAD		
Center point	PA		
Center point	PO		
Infeed depth	MID		
Fin. allow.	FAL		
Fin. allow.	FALD		
Feedr. surface	FFP1		
Feedr. depth	FFD		
Mill. direct.		Down-cut	
Insertion		G1	
Infeed width	MIDA		
Solid machin.		Ent.pocket	

Рис. 37. Параметры цикла POCKET4

### Описание параметров цикла POCKET4

*RTP* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования относительно базовой плоскости RFP.

*Operation* – вид обработки (черновая, чистовая).

*PRAD* – радиус кармана.

*PA* – центральная точка выемки по оси X (абсолютное значение).

*PO* – центральная точка выемки по оси Y (абсолютное значение).

*MID* – максимальная глубина одного врезания (задается без знака).

*FAL* – припуск на чистовую обработку по контуру (задается без знака).

*FALD* – припуск на чистовую обработку по глубине (задается без знака).

*FFP1* – подача для обработки на плоскости.

*FFD* – подача для врезания на глубину.

*Mill. direct.* – направление фрезерования выемки: 0 – попутное фрезерование, 1 – встречное фрезерование, 2 – с G2, 3 – с G3.

*Insertion* – тип обработки. Разряд единиц: 1 – черновая обработка, 2 – чистовая обработка. Разряд десятков: 0 – G0, 1 – G1, 2 – винтовая обработка, 3 – челночная обработка.

*Пример программы*

T1 D1

M6

G54

S2000 M3 M8

**POCKET4 (5,0,2,-8,30,15,0,0,3,0.2,0.1,300,60, 2, 21,7,0,0,10,3)**

G0 Z80 M9

M30

## **2.2.8. Цикл фрезерования прямоугольного выступа – CYCLE76**

*Назначение*

Цикл CYCLE76 – это комбинированный цикл черновой и чистовой обработки. Для чистовой обработки требуется торцовая фреза. Врезная подача всегда начинается в центре выемки и выполняется вертикально из этой точки. Имеет смысл сделать в данной позиции предварительное сверление. Поэтому коррекцию на инструмент следует программировать перед вызовом цикла. В ином случае цикл прерывается тревогой.

*Программирование*

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE76 (RTP, RFP, SDIS, DP, LENG, WID, CRAD, PA, PO, STA, MID, FAL, FALD, FFP1, FFD, CDIR, AP1, AP2).

*Создание цикла CYCLE76*

Для создания цикла CYCLE76 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Spigot* (V7);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Rectang. spigot* (V4).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE76 (рис. 38).

Retract plane	RTP		
Ref. plane	RFP		
Safety dist.	SDIS		
Depth	DP		abs
Operation		Roughing	
Dimensions		Center	
Spigot length	LENG		
Spigot width	WID		
Corner radius	CRAD		
Ref. point	PA		
Ref. point	PO		
Angle	STA		
Infeed depth	MID		
Fin. allow.	FAL		
Fin. allow.	FALD		
Feedr. surface	FFP1		
Feedr. depth	FFD		
Mill. direct.		Down-cut	
Rough.dim.	AP1		
Rough.dim.	AP2		

Рис. 38. Параметры цикла CYCLE76

### Описание параметров цикла CYCLE76

*RTP* – плоскость отвода (абсолютное значение). После цикла инструмент устанавливается на этой высоте.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования относительно базовой плоскости RFP.

*Operation* – вид обработки (черновая, чистовая).

*Dimensions* – задание размеров (от центра или от угла).

*LENG* – длина выступа со знаком.

*WID* – ширина выступа со знаком.

*CRAD* – угловой радиус без знака.

*PA* – базовая точка выемки по оси X.

*PO* – базовая точка выемки по оси Y.

*STA* – угол между продольной осью выемки и осью X.

*MID* – максимальная глубина для одного врезания (задается без знака).

*FAL* – припуск на чистовую обработку (без знака).

*FALD* – припуск на чистовую обработку по дну (без знака).

*FFP1* – подача для обработки в плоскости.

*FFD* – подача для врезания на глубину.

*Mill. direct.* – направление фрезерования выемки: 0 – попутное фрезерование, 1 – встречное фрезерование, 2 – с G2, 3 – с G3.

*AP1* – черновой размер длины/диаметра выступа (без знака).

*AP2* – черновой размер ширины выступа (без знака).

### ***Пример программы***

*Установочные данные цикла:*

\_ZSD [2]=0 (размер прямоугольной выемки или прямоугольного центрирующего выступа от центральной точки)

\_ZSD [2]=1 (размер прямоугольной выемки или прямоугольного центрирующего выступа от угла)

T1 D1

M6

G54

S2500 M3

G0 X80 Y80 Z5

\_ZSD [2]=1 (измерение относительно угла)

**CYCLE76 (5,0,2,-15,0,-40,-20,10,0,50,15,5,0.5,0.5,1000,700,0,1,50,30)**

G0 Z70

M30

## **2.2.9. Цикл фрезерования кругового выступа – CYCLE77**

### ***Назначение***

Цикл CYCLE77 – это комбинированный цикл черновой и чистовой обработки. Для чистовой обработки требуется торцовая фреза. Врезная подача всегда начинается в центре выемки и выполняется вертикально из этой точки. Имеет смысл сделать в этой позиции предварительное сверление. Поэтому коррекцию на инструмент следует программировать перед вызовом цикла. В ином случае цикл прерывается тревогой.



## Программирование

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE77 (RTP, RFP, SDIS, DP, DPR, PRAD, PA, PO, MID, FAL, FALD, FFP1, FFD, CDIR, VARI, AP1).

### Создание цикл CYCLE77

Для создания цикла CYCLE77 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Spigot* (V7);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Circular spigot* (V5).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE77 (рис. 39).

Retract plane	RTP		
Ref. plane	RFP		
Safety dist.	SDIS		
Depth	DP		abs
Operation		Roughing	
Diameter	PRAD		
Ref. point	PA		
Ref. point	PO		
Infeed depth	MID		
Fin. allow.	FAL		
Fin. allow.	FALD		
Feedr. surface	FFP1		
Feedr. depth	FFD		
Mill. direct.		Down-cut	
Rough.dim.	AP1		

Рис. 39. Параметры цикла CYCLE77

### Описание параметров цикла CYCLE77

*RTP* – плоскость отвода (абсолютное значение). После цикла инструмент устанавливается на этой высоте.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования относительно базовой плоскости RFP.

*Operation* – вид обработки (черновая, чистовая).

*PRAD* – радиус выступа.

*PA* – базовая точка выемки по оси X.

*PO* – базовая точка выемки по оси Y.

*MID* – максимальная глубина для одного врезания (задается без знака).

*FAL* – припуск на чистовую обработку по поверхности (без знака).

*FALD* – припуск на чистовую обработку по дну (без знака).

*FFP1* – подача для обработки в плоскости.

*FFD* – подача для врезания на глубину.

*Mill. direct.* – направление фрезерования выемки: 0 – попутное фрезерование, 1 – встречное фрезерование, 2 – с G2, 3 – с G3.

*API* – диаметра заготовки выступа (без знака).

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

S1500 M3

G0 X60 Y50 Z5

**CYCLE77 (5,0,2,-15,0,30,50,50,5,0.5,0.5,1000,500,0,1,60)**

G0 Z100

M30

## **2.2.10. Цикл резьбофрезерования – CYCLE90**

### ***Назначение***

С помощью цикла CYCLE90 можно изготовить внутреннюю и наружную резьбу. При резьбофрезеровании траектория основывается на винтовой интерполяции. В этом движении участвуют все три геометрические оси актуальной плоскости, которую определяют до вызова цикла.

### ***Программирование***

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE90 (RTP, RFP, SDIS, DP, DIATH, KDIAM, PIT, FFR, CPA, CPO).

### Создание цикла CYCLE90

Для создания цикла CYCLE90 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *>>* (V8);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Tread milling* (V2).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE90 (рис. 40).

Retract plane	RTP		
Ref. plane	RFP		
Safety dist.	SDIS		
Thread depth	DP		abs
Nominal diam.	DIATH		
Core-h.diam.	KDIAM		
Thread lead	PIT		
Feedrate	FFR		
Mill. direct.		G2	
Thread type		Intern.thread	
Center point	CPA		
Center point	CPO		

Рис. 40. Параметры цикла CYCLE90

### Описание параметров цикла CYCLE90

*RTP* – плоскость отвода (абсолютное значение). После цикла инструмент устанавливается на этой высоте.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования относительно базовой плоскости RFP.

*DIATH* – номинальный размер, наружный или внутренний диаметр резьбы.

*KDIAM* – диаметр отверстия под резьбу.

*PIT* – шаг резьбы.

*FFR* – подача для резбонарезания.

*Mill. direct.* – направление вращения: 2 – резбонарезание с G2, 3 – резбонарезание с G3.

*Tread type* – тип резьбы: 1 – наружная, 0 – внутренняя.

Наружная резьба:

- начальная позиция при *CDIR* = 2:  $X > CPA$ ,  $Y > CPO$ ;
- начальная позиция при *CDIR* = 3:  $X > CPA$ ,  $Y < CPO$ .

*CPA* – центр окружности по оси X.

*CPO* – центр окружности по оси Y.

### ***Пример программы***

T1 D1

M6

G54

S1500 M3

G0 X60 Y50 Z5

**CYCLE90 (5,0,2,-20,0,0,40,38,42,2,200,2,0,5,0,5,0)**

G0 Z100

X150 Y150

M30

## **2.2.11. Цикл фрезерования карманов с островками и без островков – CYCLE73**

### ***Назначение***

Цикл CYCLE73 – это цикл обработки, с помощью которого могут обрабатываться карманы с островками и без островков. Он поддерживает комплексную обработку таких карманов и предлагает следующие шаги обработки:

- предварительное сверление;

- выборка кармана;
- обработка остаточного материала;
- чистовая обработка края;
- чистовая обработка дна.

Цикл CYCLE73 с помощью геометрического процессора генерирует программу обработки и выполняет ее. Для правильной программно-технической обработки необходимо придерживаться программируемой последовательности вызовов циклов 74 и 75. Цикл CYCLE73 применяют для фрезерования карманов в сплошном металле и при обработке остаточного материала. Цикл осуществляется в соответствии с запрограммированным режимом резания один раз для каждого шага обработки. В тех случаях, когда необходима черновая и чистовая обработка или дополнительная черновая обработка остаточного материала, цикл CYCLE73 должен быть вызван снова.

#### **2.2.11.1. Цикл фрезерования кармана в сплошном металле**

##### ***Назначение***

Цикл применяют при фрезеровании карманов в сплошном металле. При выборке карман обрабатывается инструментом до запрограммированных чистовых припусков. Стратегия врезания для фрезерования может выбираться. В соответствии с заданными значениями осуществляется подрез в направлении глубины кармана.

##### ***Программирование***

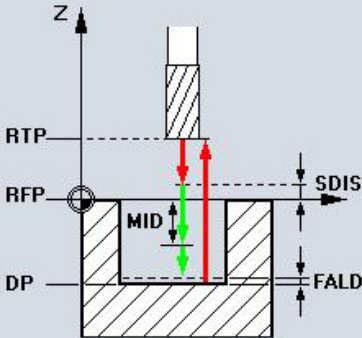
В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE73 (NAME, T, RTP, RFP, SDIS, DP, MID, MIDA, FAL, FALD, FFP1, FFD, CDIR, RTP).

##### ***Создание цикла CYCLE73***

Для создания цикла CYCLE73 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Pocket w.islands* (V4);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Sol. mach* (V6).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE73 (рис. 41).



NAME		
Operation	Roughing	
Operation	Solid	
T number	T	
Retract plane	RTP	
Ref. plane	RFP	
Safety dist.	SDIS	
Pocket depth	DP	abs
Infeed depth	MID	
Infeed width	MIDA	
Fin. allow.	FAL	
Fin. allow.	FALD	
Feedr. surface	FFP1	
Feedr. depth	FFD	
Mill. direct.	Down-cut	
Start point	automatically	
Lift	RTP	
Insertion	G1	

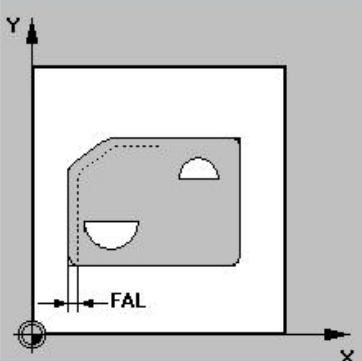
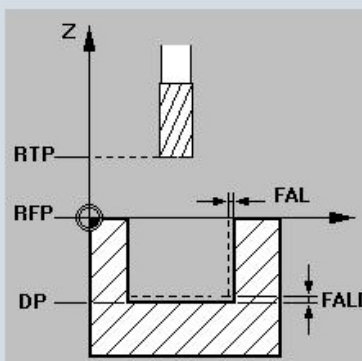
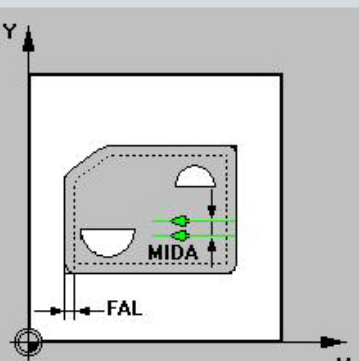
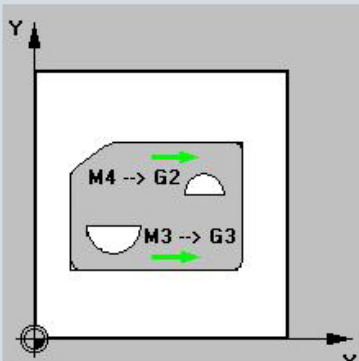





Рис. 41. Параметры цикла CYCLE73 в сплошном металле

### Описание параметров цикла CYCLE73

*NAME* – имя программы фрезерования карманов.

*Operation* – вид обработки (черновая, чистовая).

*Operation* – в сплошном металле.

*T* – имя инструмента для выборки.

*RTP* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования кармана относительно базовой плоскости (абсолютная).

*MID* – максимальная глубина одного врезания (задается без знака).

*MIDA* – максимальная ширина подачи в плоскости (ввод без знака).

*FAL* – припуск на чистовую обработку в плоскости (ввод без знака).

*FALD* – припуск на чистовую обработку по глубине (задается без знака).

*FFP1* – подача для обработки на плоскости.

*FFD* – подача для врезания на глубину.

*Mill. direct.* – направление фрезерования для обработки кармана (ввод без знака): 0 – попутное фрезерование (по направлению вращения шпинделя), 1 – встречное фрезерование, 2 – с G2 (независимо от направления вращения шпинделя), 3 – с G3.

*Start point* – стартовая точка.

*Lift* – плоскость отвода.

*Insertion* – тип обработки. Разряд единиц: 1 – черновая обработка, 2 – чистовая обработка. Разряд десятков: 0 – G0, 1 – G1, 2 – винтовая обработка, 3 – челночная обработка.

### **2.2.11.2. Цикл фрезерования кармана при обработке остаточного материала**

#### ***Назначение***

Цикл позволяет выбирать материал маленькой фрезой. В сгенерированной программе выводятся движения перемещения исходя из остаточного материала последнего процесса фрезерования и актуального радиуса инструмента. Технология обработки остаточного материала может использоваться несколько раз последовательно с постоянно уменьшающимися радиусами инструмента.

#### ***Программирование***

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE73 (NAME, T, RTP, RFP, SDIS, DP, MID, MIDA, FAL, FALD, FFP1, FFD).

#### ***Создание цикла CYCLE73***

Для создания цикла CYCLE73 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Pocket w.islands* (V4);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Residual material* (V6).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE73 (рис. 42).

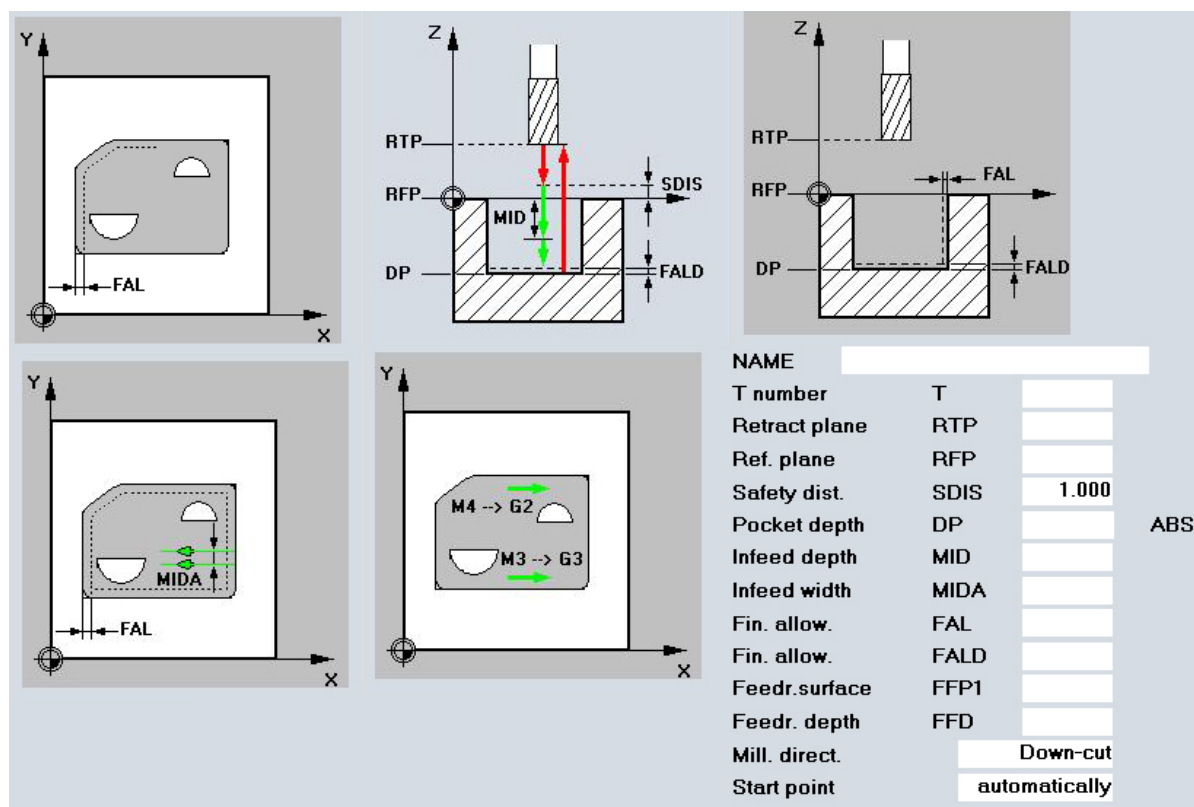


Рис. 42. Параметры цикла CYCLE73 при обработке остаточного материала

### Описание параметров цикла CYCLE73

*NAME* – имя программы фрезерования карманов.

*Operation* – вид обработки (черновая, чистовая).

*Operation* – в сплошном металле.

*T* – имя инструмента для выборки.

*RTP* – плоскость отвода. После отработки цикла инструмент выйдет на заданную высоту.

*RFP* – базовая плоскость. Точка начала фрезерования по высоте.

*SDIS* – безопасное расстояние. Расстояние, до которого инструмент перемещается на быстром ходу и останавливается. Затем перемещение осуществляется на рабочей подаче.

*DP* – глубина фрезерования кармана относительно базовой плоскости (абсолютная).

*MID* – максимальная глубина одного врезания (задается без знака).

*MIDA* – максимальная ширина подачи в плоскости (ввод без знака).

*FAL* – припуск на чистовую обработку в плоскости (ввод без знака).



*FALD* – припуск на чистовую обработку по глубине (задается без знака).

*FFP1* – подача для обработки на плоскости.

*FFD* – подача для фрезерования на глубину.

*Mill. direct.* – направление фрезерования для обработки кармана (ввод без знака): 0 – попутное фрезерование (по направлению вращения шпинделя), 1 – встречное фрезерование, 2 – с G2 (независимо от направления вращения шпинделя), 3 – с G3.

*Start point* – стартовая точка.

### 2.2.11.3. Цикл контура края кармана – **CYCLE74**

#### **Назначение**

Цикл CYCLE74 служит для передачи контура края кармана в цикл фрезерования кармана CYCLE73. Для этого в директории стандартных циклов создается временный файл, в котором сохраняются передаваемые значения параметров. Если такой файл уже имеется, то он стирается и создается заново. Поэтому всегда необходимо начинать создание программной последовательности для фрезерования кармана с островками с вызова цикла CYCLE74.

#### **Программирование**

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE74 (NAME, Lable/block no, Lable/block no.).

#### **Создание цикла CYCLE74**

Для создания цикла CYCLE74 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку Milling (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку Pocket w.islands (V4);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку Define pockets (V3);
- 5) нажать в вертикальном ряду кнопку Pocket contour (V3).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE74 (рис. 43).

Pocket cont./CYCLE74		Name for pocket machining	
NAME			
Program name			
Lable/block no.			
Lable/block no.			

Рис. 43. Параметры цикла CYCLE74

### ***Описание параметров цикла CYCLE74***

*NAME* – имя подпрограммы.

*Program name* – имя программы.

*Lable/block no.* – номер кадра начала описания контура.

*Lable/block no.* – номер кадра конца описания контура.

Контур края может программироваться по выбору в своей программе или в вызывающей главной программе. Передача в цикл осуществляется через параметры NAME, имя программы или Lable/block no., обозначение сегмента программы от ... до через номера кадров или метки. Существуют три возможности программирования контура:

1. Контур находится в собственной программе. В этом случае необходимо только программирование NAME. Например: CYCLE74 (“paz “; “; “).

2. Контур находится в вызывающей программе. Тогда должны быть запрограммированы только Lable/block no. Например: CYCLE74 (“; “N15“; “N200“).

3. Контур края является частью программы, но не программы, вызывающей цикл. В данном случае должны быть запрограммированы все три параметра. Например: CYCLE74 (“paz “; “ N15“; “N200“).

Имя программы может записываться с указанием адреса и типа программы.

### ***Пример программы***

OTV=“/N\_WKS\_DIR/\_N\_ flange \_WPD/\_N\_ paz \_MPF“

## **2.2.11.4. Цикл контура островка – CYCLE75**

### ***Назначение***

Цикл CYCLE75 служит для передачи контуров островков в цикл фрезерования кармана CYCLE73. На один контур островка цикл вызывается один раз. Если островков нет, то он не вызывается. Для этого в директории стандартных циклов создается временный файл, в котором сохраняются передаваемые значения параметров. Если такой файл уже имеется, то он стирается и создается заново. Поэтому всегда необходимо начинать создание программной последовательности для фрезерования кармана с островками с вызова цикла CYCLE75.

### ***Программирование***

В управляющей программе цикл записывается отдельным кадром: CYCLE75 (NAME, Lable/block no, Lable/block no.).

### **Создание цикла CYCLE75**

Для создания цикла CYCLE75 необходимо:

- 1) установить курсор в чистой строке блока управляющей программы;
- 2) нажать в горизонтальном ряду кнопку *Milling* (H4);
- 3) нажать в вертикальном ряду кнопку *Pocket w.islands* (V4);
- 4) нажать в вертикальном ряду кнопку *Define pockets* (V3);
- 5) нажать в вертикальном ряду кнопку *Island contour* (V4).

В открывшемся рабочем окне следует заполнить параметры цикла CYCLE75 (рис. 44).

Island contour/CYCLE75	Name contour program island contour
Program name	<input type="text"/>
Lable/block no.	<input type="text"/>
Lable/block no.	<input type="text"/>

Рис. 44. Параметры цикла CYCLE75

### **Описание параметров цикла CYCLE75**

*Program name* – имя подпрограммы контура островка.

*Lable/block no.* – номер кадра / метка начала описания контура.

*Lable/block no.* – номер кадра / метка конца описания контура.

Контуров края кармана и островков всегда должны быть замкнуты, т. е. начальная и конечная точки должны совпадать. Стартовая точка, т. е. первая точка каждого контура, всегда программируется с G0, все остальные элементы контура – через G1 до G3. При программировании контура последний элемент контура (кадр с меткой или номером кадра конца контура) не может содержать радиуса или фаски. Инструмент перед вызовом цикла CYCLE73 не может находиться на начальной позиции запрограммированных элементов контура.

Необходимые программы всегда могут находиться только в одной директории (программа детали или программа обработки детали). Для контуров края кармана или островков разрешено использование глобальной памяти подпрограмм. Относящиеся к детали геометрические данные могут программироваться по выбору в метрических или дюймовых единицах. Смена этих данных размера внутри отдельных программ контура приводит к ошибке в программе обработки. При переменном режиме работы с G90/G91 в контурных программах необходимо, чтобы в последовательности выполняемых контурных программ в начале программы была запрограммирована правильная команда для данных размера.

При вычислении программы обработки кармана учитываются только геометрические данные в плоскости. Если в сегментах контура запрограммированы другие оси или функции (Т, D, S, М и т. д.), то они пропускаются при подготовке контура внутри цикла. Перед началом цикла необходимо запрограммировать все необходимые программно-технические специфические для станка команды (к примеру, вызов инструмента, число оборотов, М-команда). Поддачи устанавливаются так же, как параметры в цикле CYCLE73. Радиус инструмента должен быть больше нуля.

Повторения контуров островков с помощью смещений через соответствующие команды управления (к примеру, смещение нулевой точки, фреймы и т. п.) не могут использоваться.

Каждый повторяющийся островок всегда должен программироваться заново, при этом смещения рассчитываются в координатах.

#### ***Пример программы***

```
G17 G40 G90
N10 T1 D1
N20 M6
N30 S500 M3 F2000 M8
GOTOF _BEARBEITUNG;
N110 _RAND: G0 G64 X25 Y30 F2000; определение контура края
N120 G1 X118 RND=5
N130 Y96 RND=5
N140 X40 RND=5
N145 X20 Y75 RND=5
N150 Y35
N160 _ENDRAND: G3 X25 Y30 CR=5;
N170 _INSEL1: G0 X34 Y58; определение нижнего островка
N180 G1 X64
N190 _ENDINSEL1: G2 X34 Y58 CR=15;
N200 _INSEL2: G0 X79 Y73; определение верхнего островка
N210 G1 X99
N220 _ENDINSEL2: G3 X79 Y73 CR=10;
_BEARBEITUNG:
; Kontur
```

BEISPIEL\_CONT:

CYCLE74 (“BEISPIEL1“, “\_RAND“, “\_ENDRAND“); передача контура края

CYCLE75 (“BEISPIEL1“, “\_INSEL1“, “\_ENDINSEL1“); передача контура островка 1

CYCLE75 (“BEISPIEL1“, “\_INSEL2“, “\_ENDINSEL2“); передача контура островка 2

ENDLABEL:

CYCLE73 (1021, ““, “ BEISPIEL1\_MILL1“, “ 5 “, 10,0,1,-17.5,0,,2,0.5,, 9000,3000,0,,,4,3)

T2 D1

M6

S3000 M3

CYCLE73 (1113, ““, “ BEISPIEL1\_MILL3“, “ 5 “, 10,0,1,-17.5,0,,2,, 8000,1000,0,,,4,2)

M30

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Какие постоянные фрезерные циклы применяются при программировании обработки детали типа «корпус»?

2. Какие постоянные циклы применяются при программировании обработки отверстий?

3. Что такое модальные и немодальные коды?

4. Как выбираются параметры резания при работе на станках с ЧПУ?

5. Перечислите последовательность подготовки управляющей программы обработки деталей типа «плита».

6. Перечислите основные параметры цикла контурной обработки CYCLE72.

7. Перечислите основные параметры цикла торцевого фрезерования CYCLE71.

8. Перечислите основные параметры цикла нарезания резьбы CYCLE84.

9. Перечислите основные параметры цикла глубокого сверления отверстий CYCLE83.

10. Перечислите основные параметры циклов фрезерования пазов на окружности.

## **Заключение**

Современные фрезерные станки с ЧПУ позволяют осуществлять различные операции по обработке деталей с высокой точностью изготовления и большой производительностью. На них можно выполнять контурное фрезерование, фрезерование плоскостей и различных пазов и выступов, сверлить, зенкеровать, развертывать, нарезать резьбу не только в отдельных отверстиях, но и в группе отверстий, используя различные способы задания расположения данных отверстий.

Создание управляющих программ для станков с ЧПУ, наладка станка на отработку программ и отработка программ – одно из направлений деятельности оператора станков с ЧПУ. Выполнение расчетов и разработка управляющих программ для деталей сложных конфигураций требуют от будущих специалистов хорошей теоретической и практической подготовки.

Владение навыками и методикой программирования позволит освоить профессиональную деятельность в короткие сроки с учетом реальных производственных условий.

## Библиографический список

1. *Должиков В. П.* Основы программирования и наладки станков с ЧПУ: учебное пособие / В. П. Должиков. 2-е изд., перераб. и доп. Томск: Изд-во Том. политехн. ун-та, 2011. 143 с.
2. *Ермолаев В. В.* Программирование для автоматизированного оборудования: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / В. В. Ермолаев. Москва: Академия, 2014. 256 с.
3. *Иванов А. А.* Автоматизация технологических процессов и производств: учебное пособие / А. А. Иванов. Нижний Новгород: Изд-во Нижегород. гос. техн. ун-та, 2009. 204 с.
4. *Серебrenицкий П. П.* Программирование для автоматизированного оборудования: учебное пособие / П. П. Серебrenицкий, А. Г. Схиртладзе. Москва: Высшая школа, 2003. 592 с.
5. *Технология* изготовления деталей на станках с ЧПУ: учебное пособие / Ю. А. Бондаренко [и др.]. Старый Оскол: ТНТ, 2009. 292 с.
6. *EMCO WinNC Sinumerik 810D/840D Milling.* Описание программного обеспечения [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.emco-world.com/uploads/tx\\_commerce/Sinumerik840D\\_Mill\\_en\\_G\\_01.pdf](https://www.emco-world.com/uploads/tx_commerce/Sinumerik840D_Mill_en_G_01.pdf).
7. *SINUMERIK 810D/840D/840Di.* Руководство по фрезерной и токарной обработке для начинающих [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://atpp.at.ua/\\_ld/0/88\\_840D810D\\_\\_\\_\\_.pdf](http://atpp.at.ua/_ld/0/88_840D810D____.pdf).